

# Ihmistoiminnan ja korkeusvaihtelun vaikutukset sammakkoeläinten laji- ja yksilömääriin Kenian Taitavuorilla

Usko Szeto



Pro gradu -tutkielma  
Ekologia ja evoluutiobiologia  
Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta  
Helsingin yliopisto  
Toukokuu 2020



Tiedekunta – Fakultet – Faculty Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta		Koulutusohjelma – Utbildningsprogram – Degree Programme Biotieteiden laitos	
Tekijä – Författare – Author Usko Szeto			
Työn nimi – Arbetets titel – Title Ihmistoiminnan ja korkeusvaihtelun vaikutukset sammakkoeläinten laji- ja yksilömääriin Kenian Taitavuorilla			
Oppiaine/Opintosuunta – Läroämne/Studieinriktning – Subject/Study track Biologia			
Työn laji – Arbetets art – Level Pro gradu -tutkielma	Aika – Datum – Month and year Toukokuu 2020	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages 49	
<p>Tiivistelmä – Referat – Abstract</p> <p>Sammakkoeläinten laji- ja yksilömäärät ovat voimakkaassa laskussa maailmanlaajuisesti. Lajeista yli 40 prosenttia on uhanalaisia ja sammakkoeläimet ovat siten kaikkein uhatuin selkärangaisryhmä. Syynä laji- ja yksilömäärien rajuun laskuun pidetään muun muassa elinympäristöjen tuhoutumista, tauteja ja ilmastonmuutosta.</p> <p>Korkeusvaihtelun tiedetään vaikuttavan sammakkoeläinten levinneisyyteen. Topografinen vaihtelu vaikuttaa lajistoon pääasiassa kahdella tapaa: korkeuden kasvaessa sademäärä yleensä nousee ja keskilämpötila laskee. Kosteus ja lämpötila ovat sammakkoeläimille tärkeitä ympäristötekijöitä, sillä ne ovat vaihtolämpöisiä eläimiä, joiden lisääntyminen on yleensä sidoksissa vesistöihin. Tarpeeksi kostea elinympäristö on tärkeää sammakkoeläimille myös sen takia, että ne hengittävät osittain kostean ihonsa avulla. Ihminen vaikuttaa sammakoiden laji- ja yksilömääriin sekä suoraan että epäsuorasti. Esimerkkejä suorista vaikutustavoista ovat muun muassa sammakkoeläinten metsästys ruoaksi ja pyydystäminen harraste-eläimeksi. Epäsuoria vaikutustapoja ovat muun muassa elinympäristöjen muuttaminen, tautien leviäminen sekä vieraslajit. Elinympäristöjen tuhoutuminen on yksi suurimmista uhista sammakkoeläimille.</p> <p>Taitavuoret sijaitsevat Etelä-Keniassa ja ovat osa Itäisiä Kaarivuoria. Alue tunnetaan merkittävänä monimuotoisuuskeskuksena ja sieltä on kuvattu kolme alueella endeemistä sammakkoeläinlajia. Näiden lisäksi alueella tiedetään esiintyvän ainakin 23 muuta sammakkolajia. Topografinen korkeusvaihtelu ja voimakas ihmistoiminta tekevät alueesta kiinnostavan kohteen sammakkoeläinten kohdistuvalle tutkimukselle.</p> <p>Ihmistoiminnan ja korkeusvaihtelun vaikutuksia sammakkoeläinten laji- ja yksilömäärät tutkittiin tutkimuslinjojen ja niille sijoitettujen tutkimuspisteiden avulla. Sammakoeläimiä pyydystettiin 10 minuutin ajan jokaiselta tutkimuspisteeltä ja kiinni otetuista sammakoista kirjattiin ylös paino ja pituus. Lisäksi niistä otettiin tunnistamisen mahdollistavat valokuvat. Tutkimuspisteistä kirjattiin ylös topografinen korkeus (mpy) ja maankäyttötapa. Tutkimuspisteet luokiteltiin kolmeen eri habitaattityyppiin: avoimiin paikkoihin, rehevän kasvillisuuden pisteisiin ja luonnontilaisiin metsiin.</p> <p>Tutkimuksessa saatiin paljon lisätietoa Taitavuorten alueen sammakkoeläinlajistosta. Alueelta tunnistettiin useita lajeja, jotka suosivat tiettyä habitaattityyppiä. Myös korkeusvaihtelun todettiin vaikuttavan lajistoon. Sammakoeläinten yksilömäärä oli pienin rehevän kasvillisuuden tutkimuspisteissä. Tähän vaikutti sekä sammakkoeläinten vaikea havainnointi tiheässä kasvillisuudessa, että tyyppillisten luonnonmetsälajien puuttuminen näiden pisteiden lajistosta.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords sammakkoeläimet, korkeusvaihtelu, ihmistoiminta, Taitavuoret			
Ohjaaja tai ohjaajat – Handledare – Supervisor or supervisors Jouko Rikkinen			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited E-thesis			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			

# Sisällys

<b>1. Johdanto.....</b>	<b>1</b>
1.1 Taitavuoret sammakkoeläinten elinympäristönä.....	1
1.2 Ihmistoiminnan vaikutus Taitavuorten sammakkoeläimiin .....	4
1.3 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset.....	6
<b>2. Aineisto ja menetelmät.....</b>	<b>8</b>
2.1 Tutkimusalue- ja ajankohta .....	8
2.2 Tutkimuslinjojen valinta .....	8
2.2.1 Tutkimuspisteiden sijoitus.....	10
2.3 Tutkimuspisteillä työskentely.....	10
2.4 Tutkimuspisteiden luokittelu.....	11
2.5 Tilastolliset analyysit .....	14
<b>3. Tulokset .....</b>	<b>15</b>
3.1 Tutkimuksen aikana havaitut sammakkoeläinlajit .....	15
3.2 Korkeusvaihtelun vaikutukset sammakkoeläimien esiintymiseen .....	18
3.3 Ihmistoiminnan vaikutukset sammakkoeläimiin .....	21
<b>4. Tulosten tarkastelu .....</b>	<b>25</b>
4.1 Avointen paikkojen sammakkolajisto.....	25
4.2 Metsien sammakkolajisto.....	27
4.3 Sammakkoeläinten yksilömäärä rehevän kasvillisuuden pisteillä.....	28
4.4 Sammakkoeläinten esiintymisen suhde korkeusgradienttiin.....	29
4.5 Yleisiä lajeja ja suurharvinaisuuksia.....	30
4.6 Virhelähteiden arviointia .....	33
<b>5. Yhteenveto.....</b>	<b>37</b>
<b>6. Kiitokset.....</b>	<b>38</b>
<b>7. Lähteet .....</b>	<b>39</b>

# 1. Johdanto

## 1.1 Taitavuoret sammakkoeläinten elinympäristönä

Sammakkoeläimistä yli 40 prosenttia on tällä hetkellä uhanalaisia (Hoffman ym. 2010), mikä tekee niistä kaikkein uhatuimman selkärangaisryhmän (Wake ym. 2008).

Sammakoiden laji- ja yksilömäärät ovat olleet voimakkaassa laskussa jo pitkään (Beebee & Griffiths 2005). Syiksi tähän on tunnistettu muun muassa elinympäristöjen häviäminen, ilmastonmuutos, UV-säteilyn määrässä tapahtuneet muutokset sekä taudit (Cushman 2006). Sammakkoita voi käyttää bioindikaattoreina niiden elinkaaren, ruumiinrakenteen ja elintapojen vuoksi (Lambert 1997, DeGard & Halbrook 2006). Ne hengittävät osittain kostean ihonsa kautta, ja ohut iho mahdollistaa myös ympäristömyrkköjen imeytymisen eläimen verenkiertoon. Elinkiertonsa vuoksi monet sammakot voivat altistua ympäristömyrkyille useassa eri ympäristössä. Suurin osa sammakkoeläimistä elää toukkavaiheen vesistöissä. Muodonmuutoksen jälkeen ne siirtyvät maalle ja palaavat veteen vain lisääntyäkseen. Jotta sammakkoita voi käyttää bioindikaattoreina, on niiden levinneisyyttä ja elintapoja tunnettava riittävästi vähintään sukutasolla.

Eri sammakkolajit lisääntyvät eri tavoin. Suomalaiset sammakot lisääntyvät muutaman päivän ajan vuodessa (Haapanen 1982). Tapahtuman aikana jopa satoja yksilöitä kerääntyy samaan vesistöön pariutumaan ja kutemaan. Tämän kaltainen kututyö on tyypillistä lauhkeilla alueilla esiintyvillä sammakkolajeilla. Syynä tähän pidetään muun muassa lyhyttä kesää ja muita abioottisia ympäristötekijöitä (Wells 1977). Toisessa päässä lisääntymistaspekttriä ovat lajit, jotka lisääntyvät ympäri vuoden (Wells 2007). Jatkuvan lisääntymisen strategiaan nojautuvien lajien määrä nousee, kun siirrytään subtrooppisille ja trooppisille alueille (Wells 1977). Ensimmäiseen ryhmään luetaan lajit, jotka kokoontuvat lisääntymään vuoden aikana 1-14 päivän ajaksi, kun taas toisen ryhmän sammakkoyksilöiden lisääntymiskausi kestää yhdestä kuukaudesta ylöspäin (McCauley ym. 2000).

Taitavuoret ovat osa Itäisiä Kaarivuoria, jotka tunnetaan merkittävänä luonnon monimuotoisuuden keskittymänä (Burgess ym. 2007). Taitavuoret sijaitsevat Etelä-Keniassa, lähellä Tansanian rajaa. Alueella tiedetään elävän ainakin 26



sammakkoeläinlajeja, joista kolme on endeemisiä (Malonza ym. 2005). Näistä kaksi, taitanmatosammakko (*Boulengerula taitana*) ja sagallanmatosammakko (*Boulengerula niedeni*), on uhanalaiseksi luokiteltuja matosammakoita (IUCN 2013 a ja IUCN 2013 b). Matosammakot viettävät valtaosan elämästään karikkeen seassa tai maan alle kaivamissaan käytävissä (Müller ym. 2005). Kolmas Taitavuorten kotoperäinen sammakkoeläinlaji on taitannystysammakko (*Callulina dawida*). Tämä pientä konnaa muistuttava sammakkolaji on hyvin pieni ja sen iho on känsämäisten nystyjen peitossa (Loader ym. 2009). Laji kuvattiin tieteelle uutena lajina vuonna 2009 ja sitä on löydetty vain Mbololon sekä Dawidavuorten rinteiltä. Taitannystysammakko on luokiteltu äärimmäisen uhanalaiseksi (IUCN 2014 a).

Taitavuoret koostuvat neljästä erillisestä vuoristoselänteestä. Niistä laajin on Dawida, jonka korkein huippu, Vuria, yltää 2228 metrin korkeuteen merenpinnasta. Kolme muuta ylänköä ovat Mbololo (2149 m), Sagalla (1520 m) ja muista kauempana sijaitseva Kasigauvuori (1645 m). Vuoristoylänköjen välillä on kuivia tasankoja noin 600–800 metrin korkeudella merenpinnasta. Vuorten ylärinteille satava vesi ruokkii alangolle virtaavia, ajoittain lähes kuivuvia jokia, joista kaksi suurinta ovat Galana ja Voi. Taitavuuria ympäröivillä tasangoilla on useita laajoja luonnonsuojelualueita. Niistä suurimpia ovat Taitavuorista länteen ja pohjoiseen levittäytyvä Tsavo West kansallispuisto, itäpuolella oleva Tsavo East -kansallispuisto sekä vuorten lounaispuolella olevat pienemmät luonnonsuojelualueet.

Koska useimmat sammakkoeläinlajit vaativat lisääntyäkseen vesistön, on sademäärällä ja sateen vuodenaikaisella jakautumisella suora vaikutus monien sammakkopopulaatioiden elämään (Savage 1935, Rödel 2002). Sademäärien vaihtelu heijastuu monien sammakkoeläinten lisääntymiseen (Heyer 1973). Myös eläinten aktiivisuudessa on kausiluontoista vaihtelua, ja jotkut lajit ylittävät sateettomat ajanjaksot horroksessa (Hardy & Crnkovic 2006). Suuren korkeusvaihtelun takia ilmasto vaihtelee huomattavasti Taitavuorten eri osien välillä. Alavimmilla alueilla vallitsee tyypillinen savanni-ilmasto (Köppen-Geigerin luokituksessa BSh) tai kuivan puoliaavikon ilmasto (Aw) (Climate-data.org a ja Climate-data.org b). Vuoren rinteitä noustessa myös ilmasto muuttuu, vuoden keskilämpötila laskee ja sademäärä kasvaa. Tämän tutkimuksen maastotöiden tukikohtana toimineen Wundanyin ilmasto on Köppen-Geigerin luokituksessa Cwb (Climate-data.org c). Taitavuorilla on vuosittain kaksi sadekautta ja kaksi niiden välistä

kuivempaa kautta. Pitkän sadekauden (maaliskuusta touko-kesäkuuhun) ja lyhyen sadekauden (lokakuusta joulukuuhun) välissä on lyhyt vähäsateinen kausi. Varsinainen kuivakausi alkaa kesäkuussa ja päättyy lokakuussa. Sademäärien vuotuinen vaihtelu on suurinta alangoilla, joilla kosteusolot vaihtelevat huomattavasti enemmän kuin vuorten ylärinteillä.

Topografinen korkeus vaikuttaa trooppisten sammakkoeläinten levinneisyyteen, ja tämä näkyy myös Taitavuorilla (Harper ym. 2010). Korkeuden kasvaessa keskilämpötila laskee ja sademäärä yleensä nousee. Sammakkoeläimet ovat vaihtolämpöisiä eläimiä, joten lämpötilan lasku on merkittävä sammakkoeläinten levinneisyyttä rajoittava tekijä. Bergmannin säännön mukaan tasalämpöisten eläinten koko kasvaa ilmaston kylmetessä, ja tämä koskee sekä lajin sisäistä, että lähisukuisten lajien välistä muuntelua (Bergmann 1847 & Mayr 1956). Vaikka Bergmannin sääntö koskee vain tasalämpöisiä eläimiä, on myös joidenkin vaihtolämpöisten eläinten kokovaihtelussa havaittu sama ilmiö (Ashton 2002, Ashton & Feldman 2003, Olalla-Tárraga ym. 2006).

Korkeusvaihtelu (ja väestön maankäyttö) vaikuttavat vahvasti Taitavuorten kasvillisuuteen (Niemelä 2011 & Wekesa 2016). Alankojen kasvillisuus on tyypillistä savannia tai piikkipensaikkoa (Niemelä 2011). Korkea heinikko, piikkipensaat ja harva puusto kattavat laajoja alueita (Rikkinen 2015). Joenvarsilla on kapeina vyöhykkeinä galleriametsiä. Korkeuden kasvaessa myös puiden lukumäärä nousee. Pieniä metsälaikkuja alkaa esiintyä noin 1000 metrin korkeudessa. Alueen luonnonmetsät ovat kuitenkin jatkuvan hakkuupaineen alla ja suurin osa näistä jäljellä olevista metsistä sijaitsee hankalasti tavoitettavissa paikoissa, kuten rotkojen reunoilla. Alueen kasvierikoisuuksiin kuuluu muun muassa taitanpaavalinkukka (*Saintpaulia teitensis*). Tätä kasvia elää luonnonvaraisena vain Mbololo-vuoren kosteissa ja varjoisissa metsissä (Rikkinen 2015). Taitanpaavalinkukka on luokiteltu äärimmäisen uhanalaiseksi (IUCN 2014 b).

Suuri osa Taitavuorten rinteistä on raivattu maatalouden käyttöön. Piirikunnan suurimmat taajamat sijaitsevat vuoria ympäröivillä alangoilla, mutta asutusta ja maanviljelyä on myös vuorten ylärinteillä. Alueen ja samalla koko Taita Tavetan piirikunnan suurin kaupunki on Voi, joka sijaitsee Sagallavuoren pohjoispuolella. Muita väestökeskittymiä ovat Dawida-vuoren rinteillä sijaitseva Wundanyin kaupunki, Taita Tavetan piirikunnan pääkaupunki Mwatate sekä rajakaupunki Taveta (Kuva 1). Maatalousalueilla talojen yhteydessä on

usein pieni kasvima ja perheet saattavat omistaa yhden tai muutaman hyötyeläimen (Niemelä 2011).

## 1.2 Ihmistoiminnan vaikutus Taitavuorten sammakkoeläimiin

Maankäyttö ja muu ihmistoiminta voi vaikuttaa merkittävästi sekä sammakkoeläinlajiston monimuotoisuuteen, lajikoostumukseen että yksilömääriin (Rodriguez-Prieto & Fernandez-Juricic 2005, Vallan ym. 2004, Ernst ym. 2006 & Wanger ym. 2010). Lisäksi ihmisen läsnäolo voi vaikuttaa sammakkojen käyttäytymiseen (Garner ym. 2008). Ihmisen vaikutus voi olla joko suoraa tai epäsuoraa (Semlitsch 2003). Selkeitä esimerkkejä suorasta vaikutuksesta ovat esimerkiksi sammakoiden pyydystäminen tai tappaminen. Epäsuoria vaikutuksia aiheutuu esimerkiksi elinympäristöjen tuhoamisesta, vieraslajien levittämisestä ja ympäristömyrkyjen käytöstä (Beebee & Griffiths 2005).

Villieläimet ovat yksi maailman suurimmista laittoman kansainvälisen kaupan kohteista huumeiden ja aseiden ohella (Rosen & Smith 2010). Sammakkoeläimiä kaupataan kansainvälisesti sekä laillisesti että laittomasti. Kaupankäynnissä voi tunnistaa neljä erillistä kategoriaa: sammakkoeläinten munat, nahat, liha ja elävät eläimet (Carpenter ym. 2014). Näistä liha ja elävät eläimet harraste-eläimiksi ovat rahallisesti erityisen merkittäviä. Vaikka suoraa näyttöä Keniasta salakuljetetuista sammakkoeläimistä on vähän, voidaan sitä olettaa tapahtuvan ainakin jonkin verran. Useita Keniassa luonnonvaraisena eläviä sammakkoeläimiä on kaupan alan yleisillä verkkosivuilla (Terraristik.com-verkkosivusto 2020).

Ihmisen aiheuttama elinympäristöjen tuhoutuminen on maapallon mittakaavasta yksi suurimmista luonnon monimuotoisuutta uhkaavista tekijöistä (Brooks ym. 2002). Vuosina 1955–2004 Taitavuorten luonnonvaraisista vuoristometsistä kaadettiin noin puolet, mutta alueen metsäpinta-ala laski vain 2% (Pellikka 2013). Tämä selittyy sillä, että luonnonmetsien tilalle perustettiin plantaasimetsiä, joilla kasvatetaan eukalyptuksia (*Eucalyptus* spp.), meksikonsypressiä (*Cupressus lusitanica*) ja trooppisia mäntylajeja (*Pinus* spp.) (Niemelä 2011). Etenkin eukalyptukset ovat suosittuja suoran rungon ja nopean kasvuvauhdin vuoksi. Luonnonmetsien väheneminen ja korvautuminen

plantaasimetsillä on epäilemättä vaikuttanut suuresti monien sammakkoeläinlajien populaatioihin.

Taita-Tavetan piirikunnan asukkaista noin 66 % harjoittaa elinkeinonaan maanviljelystä (Mohamed & Chege 2019). Viljelyssä olevat vuorenrinteet on laajalti pengerretty pelloiksi, ja suurin osa alueella aiemmin kasvaneista luonnonmetsistä on raivattu peltojen ja asutuksen tieltä (Niemelä 2011). Viljely on suurimmaksi osaksi pienimuotoista ja viljelmien sato tulee oman perheen käyttöön. Alueen yleisimmät viljelykasvit ovat maissi (*Zea mays*) sekä erilaiset pavut. Muita suosittuja kasveja ovat durra (*Sorghum bicolor*), taaro (*Colocasia esculenta*), kassava (*Manihot esculenta*), bataatti (*Ipomoea batatas*) ja banaani (*Musa sapientum*).

Ihmistoiminnan aiheuttaman stressin on havaittu alentavan sammakoiden vastustuskykyä (Carey ym. 1999, Rollins-Smith 2017). Stressillä tarkoitetaan tässä yhteydessä jotakin sellaista tapahtumaa, joka aiheuttaa sympaattisen hermoston ja hypothalamus-aivolisäke-lisämunuaisakselin aktivoitumisen. Stressin myötä alentunut vastustuskyky voi johtaa eläinten sairastumiseen. Ihminen voi aiheuttaa stressiä esimerkiksi tahallisen tai tahattoman häirinnän kautta tai muuttamalla eläinten elinympäristöä epäedulliseen suuntaan. Stressin vaikutus saattaa näkyä sammakkolajistossa esimerkiksi taudinaiheuttajien vaikutuksen kautta: herkäät, huonosti stressiä sietävät lajit katoavat ihmisen muokkaamilta alueilta nopeimmin, koska ne sairastuvat erilaisiin tauteihin hyvin stressiä sietäviä lajeja helpommin. Lopulta jäljelle voivat jäädä vain vahvimman vastustuskyvyn omaavat lajit, jotka voivat jopa hyötyä tilanteesta, koska pääsevät lisääntymään ilman kilpailua.

Esimerkiksi iridovirusiin kuuluva ranavirus infektoi sammakkoeläimiä ja matelijoita (Gray ym. 2009). Taitavuorilla ei kuitenkaan toistaiseksi ole havaittu yhtäkään varmistettua ranavirustartuntaa (Duffus ym. 2015), vaikka tauti on levinnyt ympäri maailmaa (Price ym. 2014). Taitavuorten alueella kuitenkin esiintyy varmuudella kytridiomykoosia eli *Batrachochytrium dendrobatidis*- ja *Batrachochytrium salamandrivorans*-sienten aiheuttamaa sammakkoeläinten tautia (Kielgast ym. 2010). Piiskasieniin (Cythridiomycota) kuuluvat sienet infektoivat sammakkoeläinten kostean ihon. Taudin edetessä eläimen nestetasapainon säätely ja hengitys vaikeutuvat, ja kytridiomykoosi johtaa usein eläimen kuolemaan. Tauti on tappanut useita sammakkolajeja sukupuuttoon esimerkiksi Etelä- ja

Keski-Amerikassa ja heikentänyt sammakkoeläinkantoja muun muassa Euroopassa (Berger ym. 1998, Bosch ym. 2001). Kytridiomykoosin uskotaan lähteneen alun perin liikkeelle Itä-Afrikasta (Weldon ym. 2004).

Ihmistoiminta ei toki aina muuta elinympäristöä sammakkoeläinten näkökulmasta elinkelvottomaksi ja joskus siitä voi olla eläimillä jopa hyötyä. Esimerkiksi monet Taitavuorten asukkaat ovat kaivaneet pihoiheen tekolampia tilapian kasvatusta varten. He hankkivat altaisiin kalanpoikasia, joiden annetaan kasvaa syöntikokoon asti. Samalla altaat toimivat myös oivana lisääntymispaikkana usealle sammakkolajille. Myös kosteille paikoille perustetut taaro- ja banaaniviljelmät ovat monille sammakoille edullisia elinympäristöjä. Banaanit kasvavat usein tiheinä ja suurina kasvustoina ja luovat näin suojaista ja kosteaa banaanilehtoja. Taaro puolestaan vaatii menestyäkseen hyvin kosteata alustaa ja sen suuret lehdet varjostavat maanpintaa tehokkaasti (Mengistu ym. 2012).

### 1.3 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Halusin tässä tutkimuksessa selvittää korkeusvaihtelun sekä ihmisen aiheuttaman maanmuokkauksen vaikutuksia eri sammakkoeläinlajien esiintyvyyteen ja yksilömääriin Taitavuorten alueella Keniassa. Halusin myös tutkia, miten samaiset tekijät vaikuttavat Taitavuorten alueella yleisten *Ptychadena*-suvun sammakolajien ja *Phrynobatrachus scheffleri* -sammakon painoon ja pituuteen.

Tutkimuskysymykset ja hypoteesit:

1. Vaikuttaako ihmistoiminta ja korkeusvaihtelu sammakkoeläinten laji- tai yksilömääriin?

Hypoteesini on, että ihmistoiminta vähentää sammakoiden laji- ja yksilömäärää (Vallan 2002, Krishnamurthy 2003), ja että sammakoiden laji- ja yksilömäärät ovat sitä alhaisemmat mitä korkeammalla tutkimuspisteet sijaitsevat (Fauth ym. 1989). Nollahypoteesini on, että ihmistoiminta ja korkeusvaihtelu eivät vaikuta sammakoiden kokoon.

2. Vaikuttaako korkeusvaihtelu *Ptychadena*-suvun sammakolajien ja *Phrynobatrachus scheffleri* -lajin kokoon?

Hypoteesini on, että *Ptychadena*-suvun sammakolajien ja *Phrynobatrachus scheffleri* -lajin pituus ja paino ovat sitä suurempia mitä korkeammalla tutkimuspisteet sijaitsevat (Ashton 2002, Ashton & Feldman 2003, Olalla-Tárraga ym. 2006). Nollahypoteesini on, että ihmistoiminta ja korkeusvaihtelu eivät vaikuta sammakoiden kokoon.

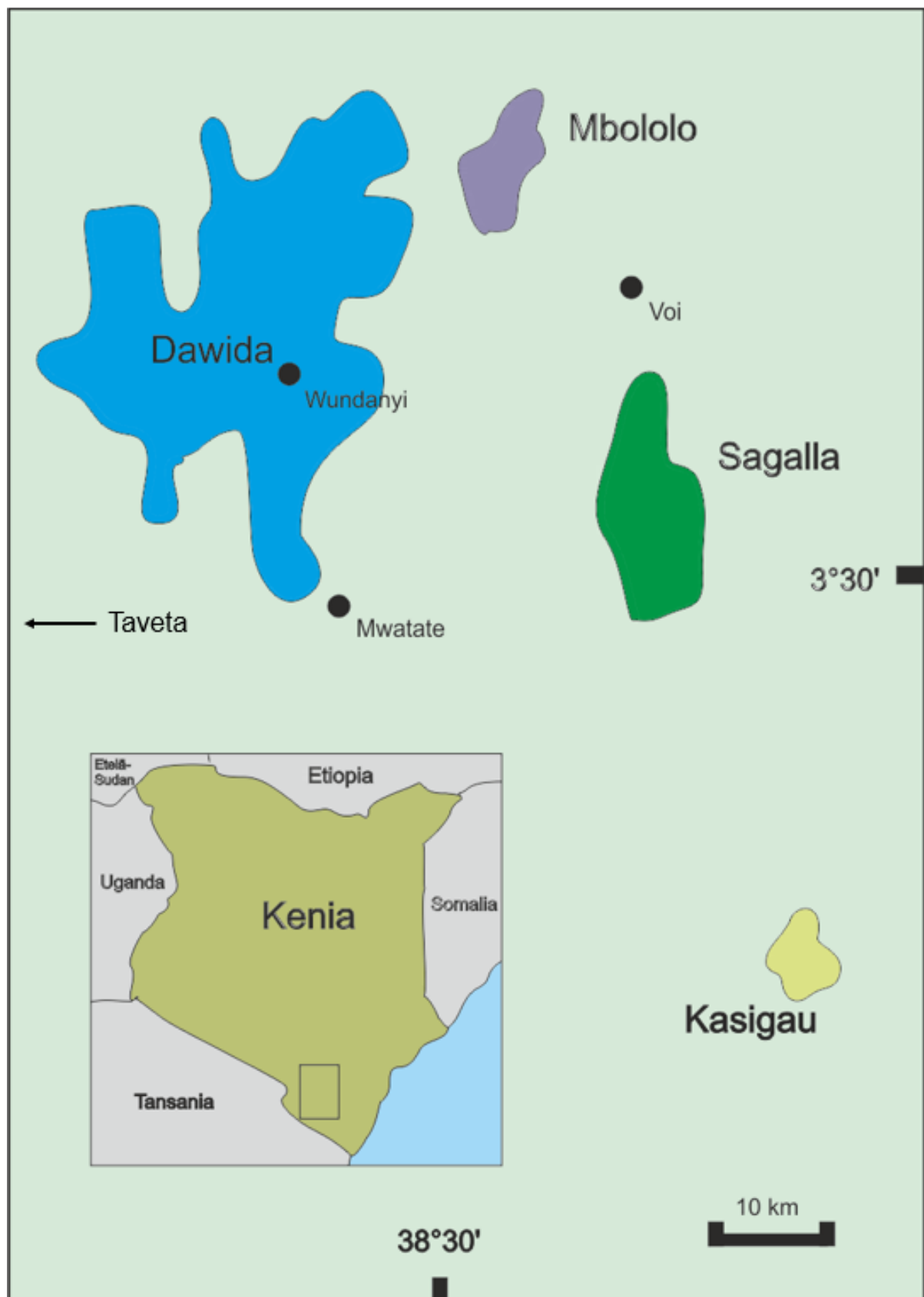
## **2. Aineisto ja menetelmät**

### **2.1 Tutkimusalue- ja ajankohta**

Tutkimusaineiston keruu tapahtui vuoden 2016 huhtikuun ja toukokuun vaihteessa Kenian Taitavuorilla (Kuva 1). Keruumatka ajoitettiin tähän ajankohtaan, koska se sattuu pitkien sateiden keskelle. Käytännössä päivittäiset sateet mahdollistivat sammakoiden helpon löytämisen, sillä useimmat sammakkoeläimet ovat aktiivisimmillaan kostean sään aikana (Heinermann ym. 2014). Sateiden vuoksi myös alavampien alueiden savannikasvillisuus on vehreätä ja sammakoiden asuttamia vesilampareita esiintyy runsaasti, toisin kuin kuivalla kaudella.

### **2.2 Tutkimuslinjojen valinta**

Tutkimuskysymysten ratkaisemiseksi perustin Taitavuorten ylänköalueiden rinteitä pitkin virtaavien purojen ja jokien varrelle tutkimuslinjoja. Linjojen suunnittelu ja sijoittelu tehtiin kattavan korkeusmallin, satelliitti- ja ilmakuvien sekä Taitan tutkimusaseman henkilökunnan neuvojen perusteella. Onnistuin löytämään kaikilta neljältä ylänköalueelta, Dawida, Mbololo, Sagalla ja Kasigau, yhden tutkimuskysymysten näkökulmasta käyttökelpoisen valuma-alueen (Kuva 1). Kenttätöiden alussa päätin kuitenkin jättää Kasigaun pois, koska se sijaitsee noin 40 kilometrin päässä tutkimusasemalta; pitkä välimatka oli käytössäni olleisiin resursseihin suhteutettuna ylivoimainen este.



Kuva 1. Taitavuorten neljä ylänköaluetta Dawida, Mbololo, Sagalla ja Kasigau, sekä keskeisten asutuskeskusten sijainti.



### **2.2.1 Tutkimuspisteiden sijoitus**

Sijoitin tutkimuspisteet tutkimuslinjoille noin 100 metrin välein välimatkan viitatessa tässä pisteiden väliseen korkeuseroon. Pisteiden paikantamiseen käytettiin GPS-laitetta ja samalla paikannetun pisteen sijainti tallennettiin laitteeseen. Tutkimuslinjojen parhaita pisteitä etsittiin tutkimusaseman henkilökunnan ja maasto-oppaan avulla. Pisteiden keskipiste pyrittiin sijoittamaan noin viiden metrin etäisyydelle puron tai joenuoman rannasta, koska otannassa pyrittiin siihen, että näytepisteiden välittömässä läheisyydessä oli avovettä. Aina tämä ei kuitenkaan ollut mahdollista. Näytepisteiden halkaisija oli 10 metriä. Paikasta kirjattiin ylös tarkka sijainti, korkeus merenpinnasta, kasvillisuustyyppi sekä mahdollinen maankäyttömuoto.

### **2.3 Tutkimuspisteillä työskentely**

Kultakin tutkimuspisteeltä pyrittiin etsimään kaikki sillä elävät sammakot. Eläimiä etsittiin päiväsaikaan maasta, kasvillisuuden kätköistä, karikkeen seasta ja haavin avulla vesistöistä aina 10 minuutin ajan per tutkimuspiste. Tutkimuspisteillä työskenteli aina kaksi henkilöä, joista molemmat osallistuivat sammakoiden pyydystämiseen. Kummankin henkilön rooli sovittiin ennen työskentelyn aloittamista: toinen toimi ajanottajana ja toinen mittasi ja kirjasi näytteen tiedot ylös. Kun eläin havaittiin, ajanotto pysäytettiin ja sammakko pyydystettiin. Eläimen ruumiinpituus mitattiin ja paino kirjattiin ylös. Pituus mitattiin vakiintuneen menetelmän mukaisesti kuonon päästä eläimen takapäähän (Watters ym. 2016). Paino mitattiin gramman kymmenesosan tarkkuudella. Yksilöistä otettiin myös valokuvat, joissa huomioitiin erityisesti lajintunnistuksen kannalta tärkeiden tuntomerkkien taltiointi. Lopuksi eläimestä otettiin pyyhkäisynäyte mahdollista myöhempää kytridiomykoositestin tekemistä varten.

Mittausten jälkeen käytössä olleet välineet desinfioitiin natriumhypokloriitilla ja käsissä olleet kertakäyttökäsineet vaihdettiin uusiin. Varotoimenpiteet tehtiin, jotta mahdolliset taudinaiheuttajat eivät tarttuisi tutkituista sammakkoyksilöistä toiseen. DNA:ta denaturoiva

natriumhypokloriitti tuhosi taudinaiheuttajien lisäksi mahdollisen ristikontaminaation eri näytteiden välillä.

Mittauksen ja desinfioinnin jälkeen sammakko laitettiin laatikkoon, jotta samaa yksilöä ei pyydystettäisi epähuomiossa uudestaan. Kello käynnistettiin uudelleen ja eläinten etsintää jatkettiin. Kun 10 minuuttia oli kulunut loppuun, päästettiin kaikki pyydetty eläimet vapaiksi paikkoihin, joista ne oli otettu kiinni. Tämän jälkeen laatikot, joissa sammakoita oli pidetty, desinfioitiin.

## 2.4 Tutkimuspisteiden luokittelu

Tutkimuspisteiden ihmistoiminnan laajuus ja laatu arvioitiin paikan päällä jo ennen sammakoiden pyydystämistä ja näytteenottoa. Yhden luokan muodostivat enemmän tai vähemmän luonnontilassa olevat ”metsät”, joissa ei näkynyt suurempia merkkejä ihmisen läsnäolosta. Täysin ihmistoiminnan ulkopuolella nämäkään metsät eivät olleet, sillä paikalliset käyttävät vuoristometsiä muun muassa polttopuiden keräämiseen. Pisteet kuitenkin luokiteltiin ”luonnontilaisiksi metsiksi” (Kuva 2.).



Kuva 2. Tyypillisen luonnonmetsäpisteiden kasvillisuus oli tiheää ja maasto vaikeakulkuista.



Toiseen, ”avoimien paikkojen” luokkaan luokiteltiin esimerkiksi viljelymaat, paljaaksi hakatut alueet ja savanniympäristöt (Kuva 3.). Näiden ääripäiden välissä olivat ”rehevät viljelykset”, joihin luettiin esimerkiksi banaanilehdot sekä taaro- ja sokeriruokokasvustot sekä muuta korkeaa luonnonvaraista kasvillisuutta kasvaneet tutkimuspisteet (Kuva 4.). Joillakin tutkimuspisteillä oli kahden eri habitaattiluokan piirteitä, jolloin luokka määriteltiin vallitsevan maankäyttömuodon perusteella.



Kuva 3. Avoimen paikan tutkimuspisteillä tutkijan näkökenttä ulottui pitkälle.

Jos tutkimuspisteellä oli vesistö, myös sen tyyppi kirjattiin ylös. Maatalousalueillakin kivikkoiset ja kallioiset joenuomat oltiin jätetty muokkaamatta ja jo muutaman puun varjostamat alueet poikkesivat ympäristöoloiltaan huomattavasti usein aivan vieressä sijaitsevasta avomaasta. Puiden lisäksi joenuomassa oli usein myös muuta pidempää kasvillisuutta, kuten kaislikkoa ja heiniä (Kuva 4). Kivien päällä ja ympärillä saattoi kasvaa sammalta ja muuta matalaa kasvillisuutta.





Kuva 4. Tämä rehevän kasvillisuuden piste sijaitsi aivan pellon vieressä.



## **2.5 Tilastolliset analyysit**

Tein tilastanalyysit tutkielmaani varten IBM SPSS Statistics -tilasto-ohjelmalla.

Korkeusvaihtelun vaikutusta sammakkoeläinten yksilö- ja lajimääriin ja korkeusvaihtelun vaikutusta sammakkoyksilöiden painoon ja pituuteen testattiin regressioanalyysillä.

Ihmistoiminnan vaikutusta yksilö- ja lajimääriin tutkittiin Kruskal-Wallis ei-parametrisella varianssianalyysillä.

## 3. Tulokset

### 3.1 Tutkimuksen aikana havaitut sammakkoeläinlajit

Tutkimuksen aikana kerättiin mittausaineistoa yhteensä 211 sammakkoeläinyksilöstä (Taulukko 2). Yhtä lukuun ottamatta kaikki onnistuttiin tunnistamaan ja sijoittamaan seitsemääntoista eri lajiin. Tämän yhden sammakon tunnistaminen osoittautui niin haastavaksi, että se jätettiin pois tutkimuksen analyyseistä. Kyseessä oli muodonvaihdoksen juuri läpikäynyt sammakko, jota oli vaikea sijoittaa mihinkään lajiin.

Yleisimmät löydetyt lajit olivat *Phrynobatrachus scheffleri* (59), taitanlehtisammakko (*Hyperolius glandicolor*) (37) sekä *Ptychadena anchietae* (29). *Ptychadena*-suvun yksilöitä löydettiin yhteensä 46. Viidestä lajista löydettiin vain yksi yksilö: *Sclerophrys xeros*, *Hemisus marmoratus*, *Hildebrandtia ornata*, *Kassina senegalensis* sekä sagallanmatosammakko (*Boulengerula niedeni*).

Taulukko 1. Tutkimuksen tutkimuspisteet, niiden luokittelu (metsä = luonnonmetsä, avoin = avoimet paikat, rehevä = rehevä kasvillisuus) sekä niissä havaittujen sammakkoeläinten yksilö- ja lajimäärät.

Piste	Korkeus (mpy)	Habitaatti	Lajien määrä	Yksilöiden määrä
1	2146	Metsä	1	1
2	2105	Avoin	0	0
3	2104	Avoin	1	6
4	2019	Metsä	0	0
5	1955	Metsä	0	0
6	1936	Avoin	2	3
7	1570	Metsä	2	2
8	1527	Metsä	2	3
9	1443	Avoin	1	1
10	1474	Metsä	2	5
11	1430	Rehevä	1	1
12	1305	Rehevä	0	0
13	1283	Rehevä	2	2
14	1390	Rehevä	2	2
15	1090	Avoin	1	1
16	1194	Avoin	2	5
17	1200	Avoin	3	3
18	1336	Rehevä	0	0
19	1204	Avoin	0	0
20	789	Rehevä	1	1
21	602	Avoin	1	9
22	893	Avoin	2	3
23	900	Avoin	0	0
24	1655	Avoin	2	24
25	1555	Metsä	0	0
26	1426	Avoin	2	3
27	1022	Avoin	1	2

28	879	Avoin	1	1
29	869	Avoin	1	4
30	864	Avoin	2	8
31	1678	Rehevä	0	0
32	1595	Rehevä	2	3
33	1374	Rehevä	0	0
34	1271	Rehevä	0	0
35	1165	Rehevä	2	3
36	907	Avoin	2	3
37	1069	Avoin	2	4
38	1058	Metsä	1	11
39	890	Avoin	1	2
40	914	Metsä	2	5
41	1116	Rehevä	1	2
42	1040	Avoin	1	5
43	1524	Avoin	1	5
44	1552	Avoin	3	9
45	1579	Avoin	2	6
46	1540	Avoin	1	1
47	1575	Avoin	2	2
48	1190	Avoin	3	7
49	1671	Avoin	2	6
50	1674	Rehevä	2	13
51	1776	Avoin	3	4
52	1733	Metsä	0	0
53	1722	Avoin	2	7
54	930	Metsä	3	8
55	1325	Metsä	2	11
56	1564	Metsä	1	4



Taulukko 2. Tutkimuksessa pyydystettiin yhteensä 211 sammakkoyksilöä ja löydettiin 17 eri sammakkoeläinlajia. Yhtä lukuun ottamatta kaikki sammakkoyksilöt pystyttiin tunnistamaan lajitasolla.

Laji	Frekvenssi	Prosenttijakauma	Kertymäprosentti
<i>Amietia angolensis</i>	17	8.1	8.1
<i>Arthrolepsis xenodactyloides</i>	12	5.7	13.7
<i>Boulengerula niedeni</i>	1	.5	14.2
<i>Boulengerula taitana</i>	5	2.4	16.6
<i>Chiromantis petersii</i>	11	5.2	21.8
<i>Hemissus marmoratus</i>	1	.5	22.3
<i>Hildebrandtia ornata</i>	1	.5	22.7
<i>Hyperolius glandicolor</i>	37	17.5	40.3
<i>Kassina senegalensis</i>	1	.5	40.8
<i>Phrynobatrachus scheffleri</i>	59	28.0	68.7
<i>Ptychadena anchietae</i>	29	13.7	82.5
<i>Ptychadena mascareniensis</i>	6	2.8	85.3
<i>Ptychadena oxyrhynchus</i>	11	5.2	90.5
<i>Sclerophrys gutturalis</i>	7	3.3	93.8
<i>Sclerophrys maculatus</i>	2	.9	94.8
<i>Sclerophrys xeros</i>	1	.5	95.3
<i>Xenopus borealis</i>	10	4.7	100.0
Yhteensä	211	100.0	

### 3.2 Korkeusvaihtelun vaikutukset sammakkoeläimien esiintymiseen

Tutkimuspisteen korkeuden (mpy) ja sammakoiden yksilömäärän (Taulukko 3, Kuva 5) tai lajimäärän (Taulukko 4, Kuva 6) välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää yhteyttä.

Joidenkin lajien esiintyminen näytti kuitenkin painottuvan hieman eri korkeuksissa (Kuva 8), havainto, joka saa tukea myös aiemmasta kirjallisuudesta (Harper ym. 2010).

Taulukko 3. Korkeudella ei havaittu olevan vaikutusta yksilömäärään.

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression <sup>*</sup>	1,957	1	1,957	,108	,744 <sup>b</sup>
	Residual	982,025	54	18,186		
	Total	983,982	55			

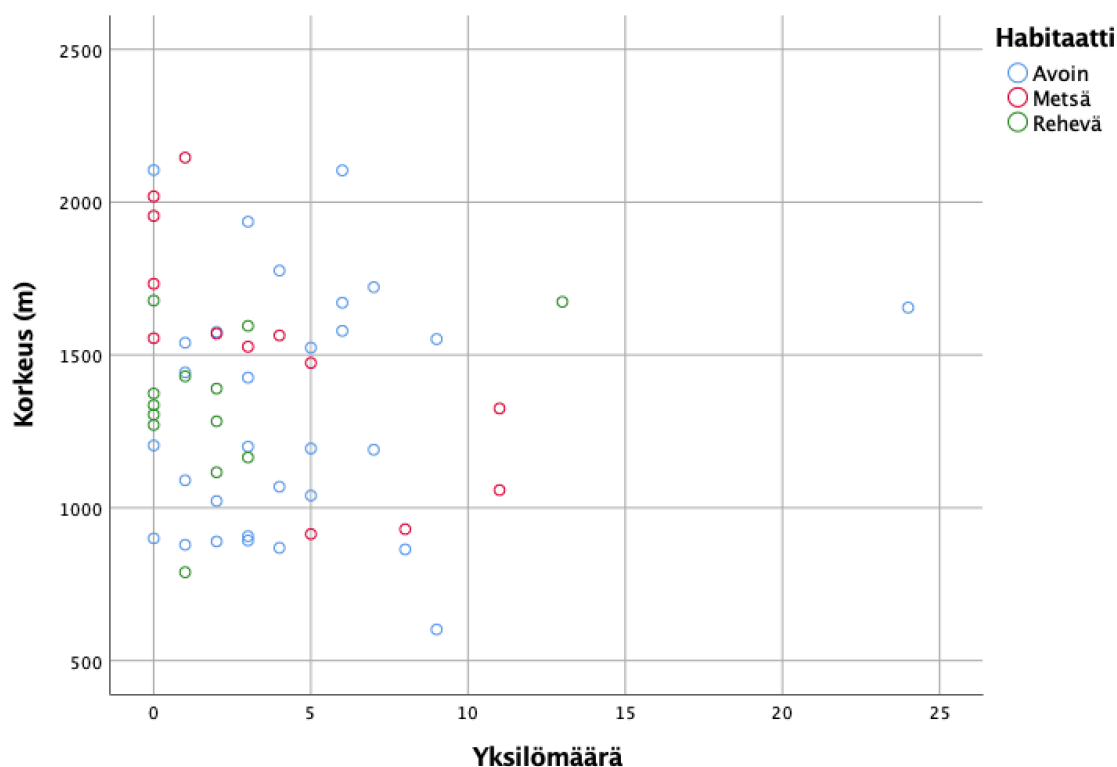
a. Dependent Variable: Yksilöiden määrä

b. Predictors: (Constant), Korkeus (m)

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	4,460	2,185		2,041	,046
	Korkeus (m)	-,001	,002	-,045	-,328	,744

a. Dependent Variable: Yksilöiden määrä



Kuva 5. Tutkimuspisteissä havaittujen sammakoiden yksilömäärän ja topografisen korkeuden välinen suhde.

Tutkin myös korkeusvaihtelun vaikutusta kahteen pienempään näyteryhmään. Näihin valikoitui kaksi yksilömäärältään suurta ryhmää: *Phrynobatrachus scheffleri* -lajin yksilöt sekä *Ptychadena*-suvun yksilöt. Korkeusvaihtelulla ei havaittu tilastollisesti merkitsevää vaikutusta kumpaankaan ryhmään. Joitakin viitteitä kuitenkin oli, että *Ptychadena*-suvun sammakoiden koko, sekä pituus että paino, kasvaisi korkeuden kasvaessa (Taulukko 6).

Taulukko 4. Korkeusvaihtelun ei havaittu vaikuttavan lajimäärään.

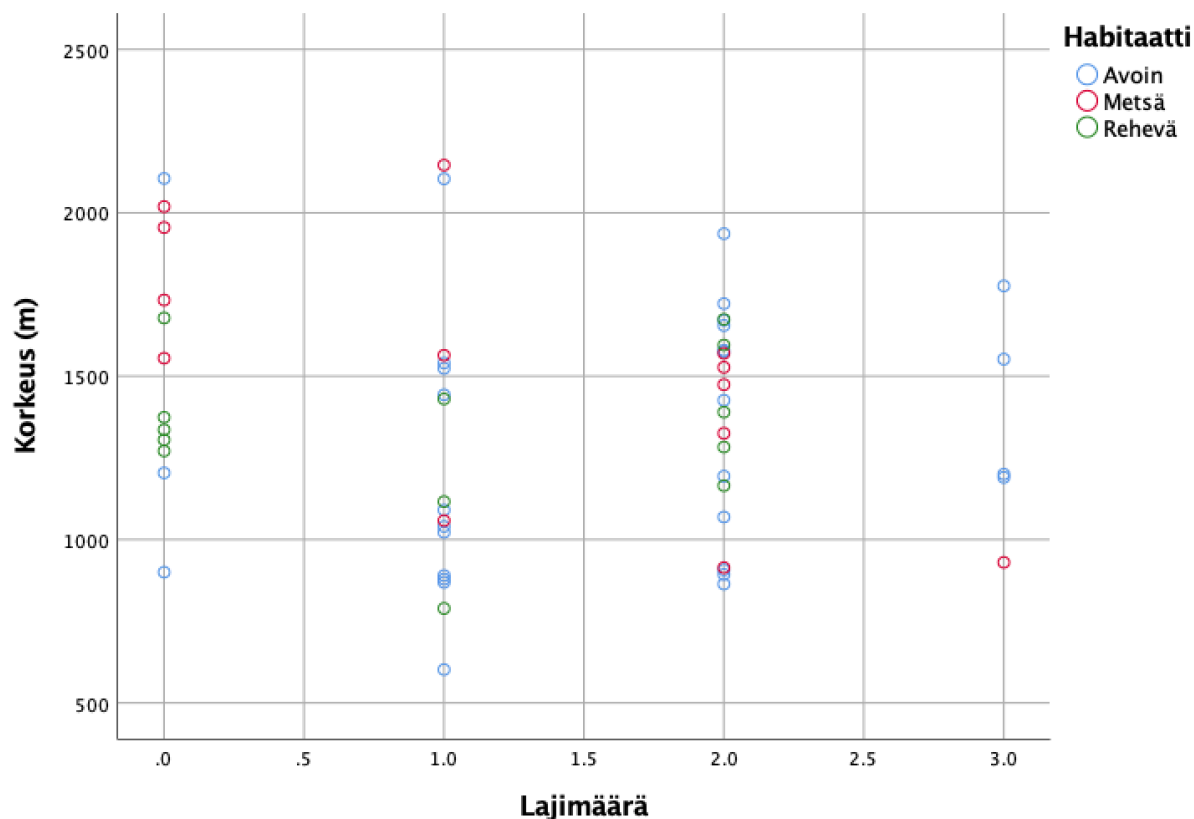
ANOVA <sup>a</sup>						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,570	1	,570	,665	,418 <sup>b</sup>
	Residual	46,287	54	,857		
	Total	46,857	55			

a. Dependent Variable: Lajien määrä

b. Predictors: (Constant), Korkeus (m)

Coefficients <sup>a</sup>						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1,731	,474		3,648	,001
	Korkeus (m)	,000	,000	-,110	-,815	,418

a. Dependent Variable: Lajien määrä



Kuva 6. Tutkimuspisteissä havaittujen sammakoiden lajimäärän ja topografisen korkeuden välinen suhde.

### 3.3 Ihmistoiminnan vaikutukset sammakkoeläimiin

Ihmisen voimakkaasti muokkaamat tutkimuspisteet painottuivat alaville alueille ja sijaitsivat keskimäärin 1314 metrin korkeudessa (Taulukko 1). Avoimien paikkojen pisteistä 60 % sijaitsi alle 1500 metrin korkeudessa. Myös suurin osa rehevän kasvillisuuden pisteistä oli alavilla alueilla, keskimäärin 1339 metrin korkeudessa ja 77 % niistä sijaitsi alle 1500 metrin korkeudessa (Taulukko 1). Metsät puolestaan painottuivat korkealle vuorille. Ne sijaitsivat keskimäärin 1521 metrin korkeudessa ja 61,5 % pisteistä sijaitsi yli 1500 metrin korkeudessa (Taulukko 1).

Ihmistoiminnan intensiteetin ja sammakkoeläinten yksilömäärien välille löydettiin tilastollisesti merkitsevä yhteys. Rehevän kasvillisuuden havaittiin vaikuttavan negatiivisesti yksilöiden määrään (Taulukko 5 ja Kuva 7). Sen sijaan ihmistoiminnan intensiteetin ja lajimäärien välillä ei löydetty tilastollisesti merkitsevää yhteyttä (Taulukko

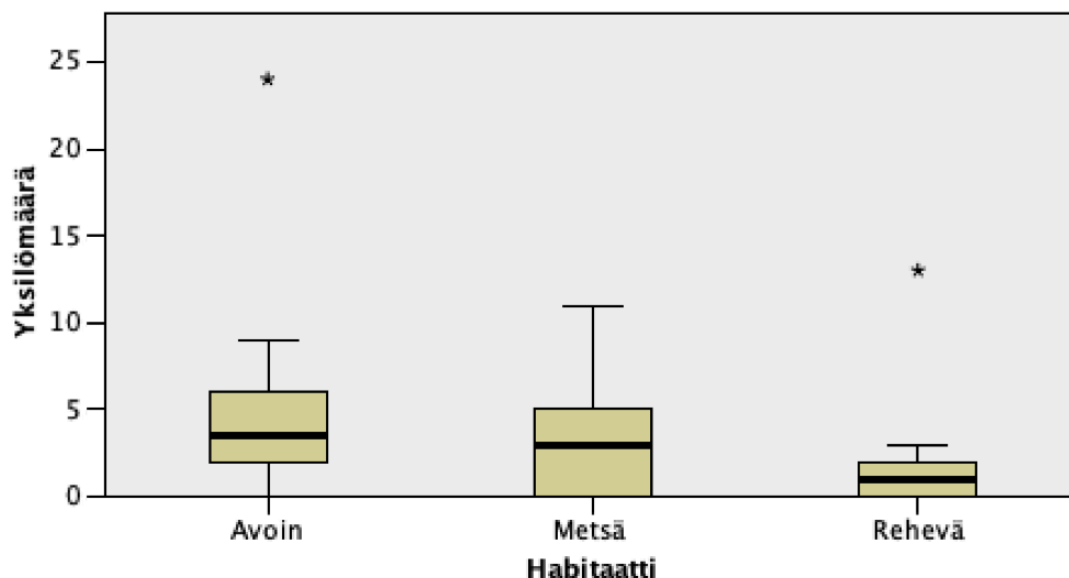
5). Jotkut sammakkoeläinlajit näyttivät kuitenkin suosivan tiettyä habitaattityyppiä, esimerkiksi *Ptychadena*-suvun sammakoita löytyi lähes yksinomaan avoimien paikkojen tutkimuspisteiltä.

Taulukko 5. Eri habitaattiluokkia edustaneiden tutkimuspisteiden välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero sammakkoeläinten yksilömäärissä (vrt. Kuva 5). Vastaava ero lajimäärissä ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

### Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Lajimäärä is the same across categories of Habitaatti.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.201	Retain the null hypothesis.
2	The distribution of Yksilömäärä is the same across categories of Habitaatti.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.046	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.



Kuva 7. Sammakoiden havaittu yksilömäärä oli keskimäärin pienin rehevän kasvillisuuden habitaattiluokassa. Avoimien paikkojen ja metsien yksilömäärät eivät poikenneet sanottavasti toisistaan.

Taulukko 6. Korkeuden kasvulla oli suuntaa antava vaikutus *Ptychadena*-suvun sammakoiden kokoon.

#### ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2,786	1	2,786	3,833	,057 <sup>b</sup>
	Residual	31,981	44	,727		
	Total	34,767	45			

a. Dependent Variable: Pituus

b. Predictors: (Constant), Korkeus

#### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3,076	,408		7,531	,000
	Korkeus	,001	,000	,283	1,958	,057

a. Dependent Variable: Pituus

#### ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	57,963	1	57,963	3,410	,072 <sup>b</sup>
	Residual	747,912	44	16,998		
	Total	805,875	45			

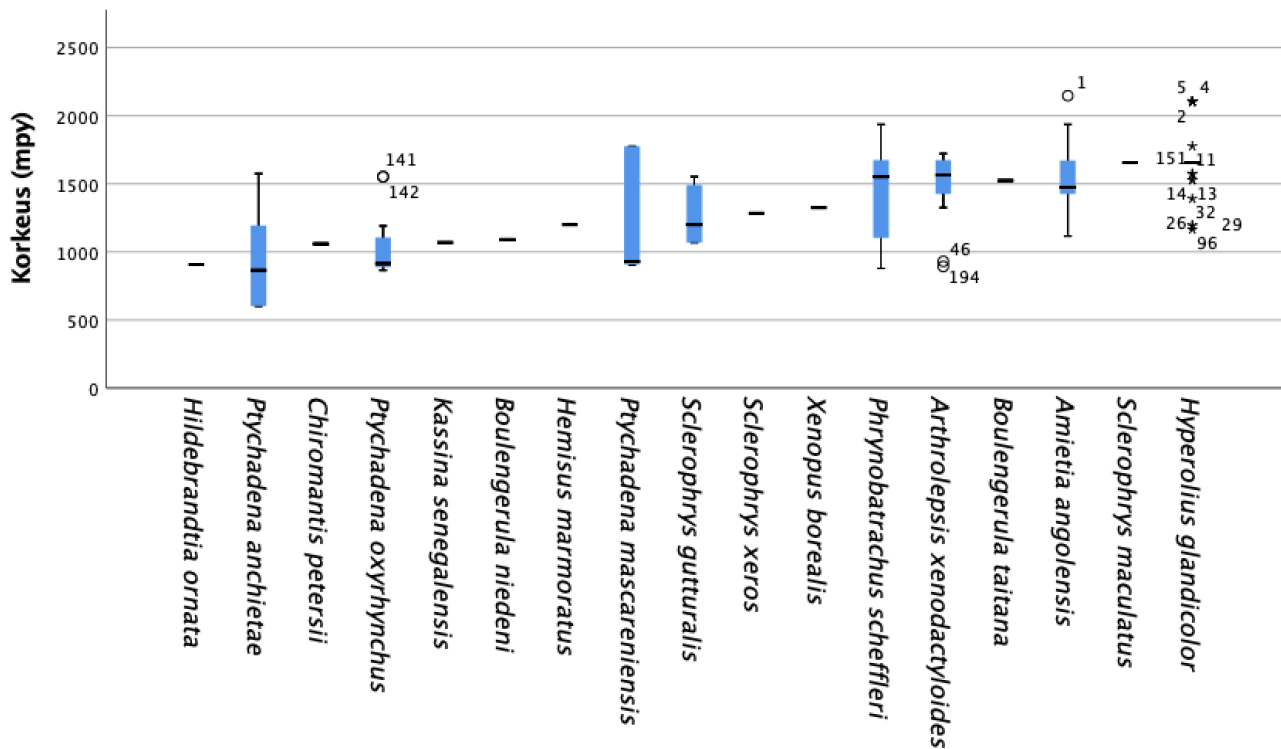
a. Dependent Variable: Paino

b. Predictors: (Constant), Korkeus

#### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	4,180	1,975		2,116	,040
	Korkeus	,004	,002	,268	1,847	,072

a. Dependent Variable: Paino



Kuva 8. Sammakkolajien esiintymisen painottuminen eri korkeuksille. Suurin osa *Hyperolius glandicolor* -yksilöistä pyydystettiin yhdestä tutkimuspisteestä 1655 metrin korkeudesta ja tästä syystä muut pisteet näkyvät kuvaajassa tähtinä. Muista havainnoista poikkeavat pisteet on merkitty kuvaajaan ympyröinä.

## 4. Tulosten tarkastelu

Tutkimuksessa löydettiin rehevän kasvillisuuden ja sammakkoeläinten yksilömäärien välillä tilastollinen yhteys. Sammakkoyksilöiden määrä on pienempi rehevän kasvillisuuden pisteillä, kuin pisteillä, jotka sijaitsivat avoimessa ympäristössä ja luonnonmetsissä. Muiden mitattujen muuttujien ja sammakkoeläinten välillä ei löydetty tilastollisesti merkitseviä yhteyksiä. Tämä johtunee muun muassa suhteellisen pienestä otoskoosta. Vaikka tutkimuksessa pyydystettiin yli 200 sammakkoyksilöä, otos jäi silti liian pieneksi ja epätasapainoiseksi kun ottaa huomioon tutkimusalueen laajuuden ja ympäristön monipuolisuuden. Tutkimuksessa saatiin kuitenkin suuntaa-antavaa näyttöä sekä habitaattien vaikutuksesta lajistoon, että korkeuden vaikutuksista yksittäiseen sammakkosukuun.

### 4.1 Avointen paikkojen sammakkolajisto

Avoimien paikkojen tutkimuspisteiltä löytyi toistuvasti joitakin sammakkolajeja, jotka näyttävät hyötyvän ihmisen toiminnasta, erityisesti maatalouteen liittyvästä maanmuokkauksesta. Esimerkiksi *Ptychadena*-suvun sammakoita ei juuri löytynyt muualta kuin ihmisasutuksen läheltä, missä niitä oli paikoin runsaasti. Ilmiötä voi selittää se, että *Ptychadena*-suvun lajit eivät ole kovin vaativia elinympäristönsä suhteen (Poynton 1970). Suurin osa näistä sammakoista pyydystettiin matalan veden valtaamilta pelloilta tai jokien ja purojen reunamilta. Luonnollisesti avoimen maan tutkimuspisteillä sammakoiden paikantaminen oli paljon helpompaa kuin peitteisillä paikoilla ja tällä saattoi olla oma vaikutuksensa tulokseen.

Myös *Sclerophrys*-suvun konnia löydettiin ainoastaan avoimien paikkojen tutkimuspisteiltä. Nämä konnat kuuluvat Bufonidae-heimoon ja poikkeavat muista alueen sammakoista muun muassa lyhyiden raajojensa ja nystyisen ihonsa puolesta (Harper ym. 2010). Nystyt muodostavat konnien ihoon uomia, joiden avulla ne pystyvät tehokkaasti hyödyntämään pintojen ja ilman kosteutta (Willumsen ym. 2007), mikä taas vaikuttaa siten, että ne voivat menestyä hyvinkin kuivissa oloissa (Brekke ym. 1991). Tässä tutkimuksessa avoimien



paikkojen tutkimuspisteet painottuivat alaville ja samalla suhteellisen kuiville alueille (Taulukko 1). Myös aiemman kirjallisuuden mukaan nyt löytyneiden konnalajien tyypillisiä elinympäristöjä ovat muun muassa kuivat savannit, pellot sekä ruohotasangot (Harper ym. 2010).



Kuva 9. *Sclerophrys gutturalis*. Kuvassa näkyy takareisien tunnusomainen punainen väritys ja selän selkeät tummat laikut.

Osan sammakoiden korkeasta yksilömäärästä pelloilla ja muilla avoimilla paikoilla selitti epäilemättä myös se, että avoimissa ympäristöissä sammakot oli suhteellisen helppo huomata. Niillä oli vähemmän piilopaikkoja kuin metsässä, ja eläimet oli siksi helppo havaita ja ottaa kiinni. Moni metsäisten pisteiden sammakko pääsi tutkimuksen aikana karkuun eläinten nopeuden ja peitteisen maaston takia. Toisaalta moni vedessä huomattu sammakko katosi nopeasti syvälle vedenpinnan alle haavin tavoittamattomiin.

## 4.2 Metsien sammakkolajisto

Metsäisten paikkojen tutkimuspisteiltä löytyi kaksi sammakkolajia, joita ei koskaan nähty maatalousympäristöissä tai muilla avoimilla paikoilla. Kynsisammakkoihin kuuluva *Xenopus borealis* löytyi vain yhdestä metsälammesta Ngangaon metsän eteläosasta. Aiemmin Taitavuorilla tehdyssä tutkimuksessa kynsisammakkoa on havaittu vain 1397-1814 metrin korkeudelta (Malonza 2008). Se näyttää viihtyvän selvästi viileämmässä vedessä kuin muut sukunsa lajit (Saito ym. 2019), mutta voi kelpuuttaa myös ihmisasutuksen lähellä olevat keinotekoiset vesistöt (Bwong & Measey 2010). Tässä tutkimuksessa kynsisammakkoa ei löydetty kertaakaan kalanviljelyaltaista, jotka lähes säännönmukaisesti sijaitsevat aurinkoisilla paikoilla. Todennäköisesti kala-altaiden vesi on liian lämmintä kynsisammakolle tai sitten eläimet oleskelivat hyvin syvällä vedessä ja jäivät siksi havaitsematta. Kynsisammakot ovat täysin akvaattiseen elämään sopeutuneita, eivätkä liiku kuivalla maalla edes täysikasvuisena.

Kääpiövinkusammakko (*Arthrolepis xenodactyloides*) löytyi joistakin banaanilehdoista, mutta se oli selvästi yleisempi luonnontilaisissa metsissä. Tämän pienen sammakon elintapoja ei tunneta vielä hyvin, mutta sen tiedetään kutevan kostean lehtikarikkeen sekaan (Measey 2007, Harper 2010). Tämä epäilemättä selittää sen, miksi lajia löydettiin vain rehevän kasvillisuuden ja luonnontilaisten metsien tutkimuspisteiltä.

Muokkaamattomissa metsissä on huomattavasti enemmän kosteaa lehtikariketta kuin banaanilehdoissa ja muissa rehevän kasvillisuuden pisteissä. Banaanikasvien ja taaron suuret lehdet varjostavat maanpintaa tehokkaasti, mutta ne eivät muodosta yhtä monipuolista kariketta kuin monilajiset luonnonmetsät (Ashwini & Sridhar 2005).

Taitavuorten alueella tiedetään elävän ainakin neljä lehtisammakkomaista, metsäkasvillisuuden seassa elävää sammakkolajia (Malonza & Veith 2012), joista vain kahdesta saatiin havainto tämän tutkimuksen aikana. Löydetyt lajit olivat vaahtopesiä rakentava *Chiromantis petersii* ja kaislikoissa viihtyvä taitanlehtisammakko (*Hyperolius glandicolor*). Havaitsematta jäivät *Hyperolius tuberlinguis* ja *Leptopelis concolor*. Lehtisammakot voivat viettää päivät korkealla metsän latvuksessa, missä ne ovat tutkijoiden ulottumattomissa. Taitavuorilla vuonna 2012 tehdyssä aiemmassa tutkimuksessa *L. concolor* -yksilöitä löydettiin lähes kolmesataa, joten laji ei liene alueella kovin harvinainen (Malonza & Veith 2012).



Kuva 10. Kääpiövinkusammakon (*Arthrolepis xenodactyloides*) käsittely vaati erityistä huolellisuutta lajin pienen koon vuoksi.

#### 4.3 Sammakkoeläinten yksilömäärä rehevän kasvillisuuden pisteillä

Tutkimuksessa havaittiin sammakkoeläinten yksilömäärän olevan pienempi rehevän kasvillisuuden pisteillä verrattuna sekä avoimiin paikkoihin että luonnonmetsiin. Sama ilmiö havaittiin alueella aiemmin tehdyssä tutkimuksessa (Malonza & Veith 2012). Havaintoa voi selittää avoimilla paikoilla ja luonnonmetsissä esiintyneet, sammakoiden pyydystämistä hankaloittaneet ilmiöt. Rehevän kasvillisuuden pisteiden korkeassa kasvillisuudessa törmättiin samoihin ongelmiin kuin luonnonmetsäpisteillä. Sammakot katosivat nopeasti kasvillisuuden sekaan sekä onnistuneen että epäonnistuneen pyydystysyrityksen jälkeen. Korkea kasvillisuus saattoi myös toimia liian hyvänä piilopaikkana erilaisille lehtisammakoille.

Rehevien pisteiden vesistötyyppi oli yleensä vuolaasti virtaava puro tai joki. Nämä poikkeavat vahvasti avoimien paikkojen seisovista vesistöistä, kalalammista. Virtaavat

purot ovat keuhkoja lisääntymispaikkoja lammissa lisääntyville *Ptychadena*-suvun sammakoille (Harper ym. 2010). Tämä lienee syy sille, miksi *Ptychadena*-suvun sammakoita löydettiin niin harvoin rehevän kasvillisuuden pisteiltä. Ihmistoiminnan tiedetään vaikuttavat negatiivisesti sammakolajien monimuotoisuuteen (Vallan 2002, Krishnamurthy 2003). Vaikka tässä tutkimuksessa ei saatu tilastollisesti merkitseviä tuloksia habitaatin vaikutuksesta lajimäärään, habitaatin havaittiin vaikuttavan sammakkoeläinlajiston koostumukseen. Rehevän kasvillisuuden pisteiden haasteellinen tutkimusympäristö ja *Ptychadena*-suvun poissaolo yhdessä lienevät siis syynä sammakkoeläinten pieneen yksilömäärään.

#### **4.4 Sammakkoeläinten esiintymisen suhde korkeusgradienttiin**

Korkeusvaihtelu vaikuttaa eläinten levinneisyyteen etenkin lämpötilan kautta. Ympäristön lämpötilan vaihtelun avulla voidaan tehdä arvioita ilmastonmuutoksen mahdollisista vaikutuksista sammakkoeläinten levinneisyyteen ja populaatiokokoihin. Ilmastonmuutos on iso uhka Taitavuorten sammakolajeille: se voi vaikuttaa sammakoiden levinneisyyteen ja kokojakaumaan jo nyt. Tulevaisuudessa ilmastonmuutoksen voimistuessa myös sen vaikutukset sammakkoeläimiin tulevat kasvamaan (Duarte ym. 2011).

Aiemmissä tutkimuksissa sammakkoeläinten kokojakauman ei ole yleensä havaittu seuraavan Bergmannin sääntöä (Laugen ym. 2005, Adams & Church 2007 & Ma ym. 2009). Taitavuorilta kerätyn aineiston perusteella kuitenkin huomattiin, että *Ptychadena*-suvun sammakoiden keskimääräinen pituus ja paino kasvavat siirryttäessä Taitavuorten alarinteiltä kohti huippua (Taulukko 6). Vaikuttaisi siltä, että sammakoiden keskipituus kasvoi yhden millimetrin jokaista topografisen korkeuden sataa metriä kohti. Tämä voi kuulostaa vähäiseltä, mutta on hyvä muistaa, että Taitavuorten huiput ovat yli kahden kilometrin korkeudessa. Tätä mielenkiintoista ilmiötä kannattaisi selvittää tarkemmin, mutta siihen tarvitaan paljon laajempi otanta, kuin mikä tämän tutkimuksen puitteissa oli mahdollista.



#### 4.5 Yleisiä lajeja ja suurharvinaisuuksia

*Prynobatrachus scheffleri* -sammakkoja löytyi lähinnä pienien purojen ja niiden varsiin muodostuneiden altaiden ympäristöstä. Sammakon asuttamat purot olivat puiden ja kasvillisuuden varjostamia. Lajin yksilöitä löytyi kaikista habitaattiluokista. Avoimilla alueilla puron viereinen kasvillisuus oli jätetty hakkaamatta tai leikkaamatta ja vesi virtasi näissä paikoissa yleensä kallioisessa uomassa. Esiintymispaikoillaan *P. scheffleri* oli yleensä runsas. Pienestä koostaan (16-22 mm) huolimatta, oli yksittäisen sammakon pyydystäminen helppoa, koska pienet tummat sammakot oli helppo havaita purontörmien vaalealta hiekalta. Yhden sammakon pyydystäminen johti kuitenkin usein siihen, että muut yksilöt pääsivät piiloutumaan ja olivat siten näytteenottajien ulottumattomissa.



Kuva 11. *Ptychadena anchietae*. Suvun sammakot ovat hyvin virtaviivaisia.

*Ptychadena*-suvun sammakoita havaittiin yhteensä 94. Lähes puolet tutkimuksessa havaituista sammakkoeläimistä kuului tähän sukuun. Ne eivät ole erityisen valikoivia elinympäristönsä suhteen. Esimerkiksi *Ptychadena mascariensis* menestyy hyvin monenlaisissa elinympäristöissä: savanneilla, trooppisilla soilla, sademetsissä ja järvissä

sekä myös ihmisasutuksen lähistöllä. *Ptychadena*-suku kytketään usein ihmistoimintaan ja asutukseen ja tässäkin tutkimuksessa suvun sammakoita löytyi lähinnä ihmisen muokkaamilta alueilta tai läheltä asutusta. Erityisen paljon niitä löytyi peltojen viereisistä ojista sekä taaropelloista, joissa suvun lajit ovat kyenneet lisääntymään ilman kilpailua. Niiden pyydystäminen oli kuitenkin hyvin haasteellista: esimerkiksi *Ptychadena mascariensis* -sammakon nimi englanniksi on "Mascarene rocket frog". Nimi antaa viitteitä suvun sammakoiden nopeudesta. Yksilöiden pyydystäminen oli erityisen vaikeaa taaropeltojen kaltaisissa matalan veden valtaamissa pelloissa. Mikäli sammakkoa ei heti saatu kiinni, se piiloutui nopeasti pohjamutaan tai lammen reunuskasvillisuuteen.

Taitanlehtisammakoita (*Hyperolius glandicolor*) löytyi vain kalalampien reunuskasvillisuudesta. Lampien reunuksilla kasvaa usein kaislikkoa ja muuta korkeaa kasvillisuutta, joka luo oivat piiloutumismahdollisuudet sammakkoeläimille. Samalla kaislikko toimii elinympäristönä ravintohyönteisille. Lehtisammakot viettävät valoisan ajan piilossa saalistajilta ja ovat aktiivisimmillaan hämärällä. Koska eläimet viettävät päivät lähes horrosmaisessa tilassa, oli niiden kerääminen kasvillisuuden joukosta helppoa. Kirjavat naaraat ja keltaiset koiraat erottuivat helposti vihreiden kaislojen joukosta. Osa sammakoiden käyttämisestä kaisloista oli kuitenkin niin syvässä vedessä, ettei niitä päästy tutkimaan.



Kuva 12. Taitanlehtisammakot (*Hyperolius glandicolor*) oli helppo havaita vihreän kasvillisuuden joukosta. Kuvassa naaras.

Vaikka iso osa Taitavuorten sammakkoeläimistä lisääntyy vedessä, mahtuu joukkoon myös erikoisempia lisääntymistapoja. Esimerkiksi harvoin löydetty matosammakot (*Boulengerula niedeni* ja *Boulengerula taitana*) munivat maan alle kaivamiin koloihinsa. Alueella yleisenä esiintyvä pieni sammakkolaji, kääpiövinkusammakko (*Arthroleptis xenodactyloides*), kutee puolestaan kostean karikkeen sekaan (Measey 2007).

Lisääntymistapa vaikuttaa sammakkoeläinlajien levittäytymisnopeuteen (Wells 2007). Tämä on tärkeä huomio, sillä sammakkoeläimiä pidetään yleisesti hyvin huonoina leviämään (Pigot & Tobias 2015). Lisääntymistapa vaikuttaa myös lisääntymisajankohtaan, joten sopivin ajankohta tutkimukselle vaihtelee eri lajien välillä.

Jotkut sammakot lähtevät usein suurina joukkoina pois synnyinlammestaan muodonmuutoksen jälkeen. Tässä tutkimuksessa löydettiin ja tunnistettiin 59 *Phrynobatrachus scheffleri* yksilöä. Kirjallisuudesta ei löydy tietoa siitä, minkä kokoisena

lajin yksilöt nousevat synnyinvesistöstään. Lajin yksilöt kasvavat 16-22 millimetrin mittaisiksi ja tutkimuksessa mukana olleiden yksilöiden koot vaihtelivat 9-22 millimetrin välillä. Kyse saattaa siis olla edellä mainitun kaltainen yliedustus, sillä alueella vuonna 2012 tehdyssä tutkimuksessa havaittiin kyseistä sammakkolajia vain 23 yksilöä (Malonza & Veith 2012), vaikka kyseisen tutkimuksen kokonaisotos oli lähes 28 kertaa suurempi kuin tässä tutkimuksessa.

Joistakin Taitan sammakkoeläinlajeista saatiin tutkimuksessa vain yksi havainto tai niitä esiintyi vain yhdellä tutkimuspisteellä. Tällaisia olivat esimerkiksi *Boulengerula niedeni*, *Hemisus marmoratus* ja *Hildebrandtia ornata*, jotka kumpikin on arvioitu erittäin uhanalaisiksi (IUCN 2013 a ja IUCN 2013 b). *Hemisus marmoratus* puolestaan viettää suurimman osan elämästään maan alle kaivautuneena (Kaminsky ym. 2014). Lapiota käytettiin sammakoiden etsimisessä vain muutamalla pisteellä, lähinnä pisteillä, joissa pohjakarikeri oli matosammakoille suotuisaa. *Hildebrandtia ornata* esiintyy lähinnä alavilla alueilla, alle 1200 metrin korkeudessa (Harper ym. 2010). Koska suurin osa tämän tutkimuksen tutkimuspisteistä sijaitsi tätä korkeammalla, todennäköisyys lajin löytymiselle oli pieni.

#### 4.6 Virhelähteiden arviointia

Sammakoiden laji- ja yksilömääristä hankitaan tietoa joko etsimällä, nauhoittamalla ääntelyä tai pyydystämällä niitä kuoppapyydysten avulla (Parris ym. 1999). Koska käytettävissäni ollut aika ja rahoitus olivat erittäin rajalliset, jouduin omassa tutkimuksessani rajoittumaan vain fyysiseen etsintään.

Sammakkoeläinten lajikirjon kartoittamisessa paljon käytetyt kuoppapyydykset (Gibbs 1998, Regosin ym. 2003 & Siqueira ym. 2009) olisivat voineet tuoda lisävalaistusta moneen mielenkiintoiseen kysymykseen. Kuoppapyydysten tehoa voi lisätä asettamalla sen lähelle kohde-eläinten liikkeitä manipuloivia rakenteita, kuten tikuista ja kankaasta rakennettuja ”ohjaimia” (Webb 1999). Niillä onnistutaan kuitenkin yleensä pyydystämään vain maan pinnalla liikkuvia sammakkoeläimiä (Enge 2001), jolloin sekä kasvillisuudessa että maan alla elävät sammakot jäävät huomiotta. Eläinsuojelullisista syistä



kuoppapyydykset vaativat myös päivittäistä valvontaa. Tietysti kuoppapyydykset voidaan suunnitella myös tappaviksi, mutta tätä vaihtoehtoa ei tässä tutkimuksessa edes harkittu.

Sammakkolajiston monimuotoisuutta ja yksilömäärää voi kartoittaa myös soidinääniä kuuntelemalla ja nauhoittamalla (Pierce & Gutzwiller 2004). Sammakoiden ääniä voidaan myös opettaa erityiselle tunnistusohjelmalle, joka sitten pyrkii automaattisesti tunnistamaan nauhoitetut soidinäänet (Taylor ym. 1996, Chen ym. 2012 & Yuan ym. 2012). Läheskään kaikki tämän tutkimuksen kohteena olevat sammakkoeläinlajit eivät kuitenkaan ääntele, ja monien ääntelevien lajien varma tunnistaminen nauhalta olisi ollut hyvin haastavaa.

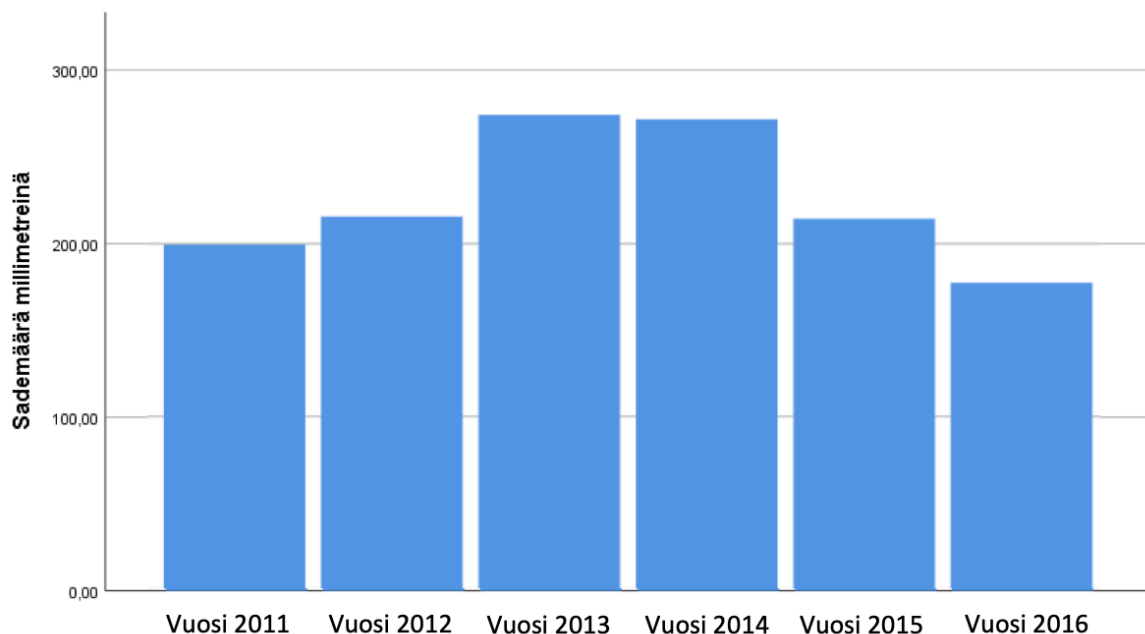
Suurin osa tutkimuslinjoista sijoitettiin käytännön syistä Dawida-vuoren valuma-alueille, jotka sijaitsivat kohtuullisen matkan päässä Helsingin yliopiston Taitan tutkimusasemasta. Lyhyet ajomatkat tutkimuslinjoille mahdollistivat tehokkaan työskentelyn, koska saman päivän aikana pystyttiin tarkastamaan monta tutkimuspistettä. Tutkimuspisteet oli tarkoitus sijoittaa tasan 100 metrin välein tutkimuslinjojen topografisille gradienteille. Tämä ei kuitenkaan aina ollut käytännössä mahdollista, sillä maasto oli paikoin hyvin vaikeakulkuista tai jopa läpipääsemätöntä. Joskus ennalta määrätty tutkimuspiste sijoittui yksityistontille emmekä aina saaneet maanomistajan lupaa tutkimuksen tekemiseen. Näissä tapauksissa jouduimme siirtämään tutkimuspisteen mahdollisimman lähellä olevaan saavutettavaan paikkaan.

Tutkimuspisteet pyrittiin sijoittamaan pysyvien vesistöjen varrelle, koska sammakkoeläinten oletettiin painottuvan jokien ja lampien läheisyyteen. Tutkimuksen suunnitteluvaiheessa ei siis ehkä otettu riittävästi huomioon niitä sammakkoeläinlajeja, jotka lisääntyvät muualla kuin puroissa, lammissa ja joissa. Taitavuorilla elää kuitenkin useita sammakkoeläinlajeja, jotka lisääntyvät karikkeen seassa, maan alle kaivamissaan käytävissä tai sadekausien aikaan syntyvissä, muulloin kuivina olevissa lampareissa (Measey 2007).

Tutkimus tehtiin huhtikuun ja toukokuun vaihteeseen, koska tuolloin Taitavuorten alueella yleensä sataa enemmän kuin muina vuodenaikoina. Vuoden 2016 kevät oli kuitenkin hieman normaalia vähäsateisempi (GSOD 2020). Esimerkiksi Voin kaupungin sademäärät olivat pienimmät yli viiteen vuoteen (Kuva 13). Vaikka tutkimuksessa pyydystettiin yli 200

sammakkoyksilöä, olisi yksilömäärä voinut olla vielä suurempi, jos sateet olisivat olleet tavanomaiset.

Vuoden 2016 vähäsateinen sadekausi on myös voinut vaikuttaa etenkin kausikosteiden painanteiden määrään. Joidenkin paikallisten sammakkoeläinten lisääntymiselle matalat ja vesipedoilta suojatut lätäköt ovat hyvin tärkeitä. Yksi esimerkki on Taitavuorilla kuvattu pieni konnalaji *Mertensophryne taitana* (Müller ym. 2005 & Ngwava ym. 2008). Kyseinen laji ilmeisesti lisääntyy vain pienissä sademetsien maan painanteisiin syntyvissä väliaikaislammissa. Tämän tutkimuksen aikana tästä mielenkiintoisesta lajista ei tehty yhtään havaintoa.



Kuva 13. Helmi-toukokuun sademäärät Voin kaupungissa vuosina 2011-2016; tämän tutkimuksen aineisto kerättiin 2016.

Valokuvaaminen oli tärkeä osa tutkittavien sammakkoyksilöiden tunnistamista, sillä sammakoiden tunnistaminen kentällä kesken näytteenoton olisi ollut liian aikaa vievää ja hankalaa. Rajallisen kenttäjakson sekä valoisan ajan vuoksi valokuvista tunnistaminen todettiin ainoaksi toimivaksi keinoksi. Alueella esiintyviin sammakkoeläimiin tutustuttiin kirjallisuuden avulla hyvissä ajoin ennen tutkimuksen aloittamista. Tämä mahdollisti sammakkoyksilöiden valokuvaamisen niin, että kuvissa kiinnitettiin erityistä huolta

tärkeiden tunnistuspiirteiden tallentamiseen. Aina tässä ei täysin onnistuttu: jotkin kuvista olivat tärähtäneitä ja/tai tarkennus ja valotus eivät olleet täydellisiä.

Suurimmassa osassa tutkittavia eläimiä tunnistus kuitenkin onnistui hyvin. Ongelmia tuottivat lähinnä *Ptychadena*-suvun lajit, jotka muistuttavat hyvin paljon toisiaan sekä ulkonäöltään että myös fysiologisesti, käyttäytymiseltään ja elinympäristövaatimuksiltaan. Kuvien avulla tunnistettiin kolme suvun lajia, mutta suvusta on viime aikoina löytynyt useita kryptisiä lajeja (Vences ym. 2004)

## 5. Yhteenveto

Tämä tutkimus tuotti arvokasta lisätietoa Taitavuorten rikkaasta sammakkoeläinlajistosta, jonka tulevaisuutta varjostavat ihmistoiminta, taudit sekä ilmastonmuutos. Erityisen alttiita ihmisen aiheuttamille ympäristömuutoksille ovat uhanalaiset kosteissa vuoristometsissä elävät lajit, kuten *Mertensophryne taitana* sekä Taitavuorilla endeemisenä elävä *Callulina dawida*. Nämä lajit eivät ehkä tule selviämään yhä pienenevässä ja muuttuvassa elinympäristössä ilman suojelutoimia.

Vaikka tutkimus ei antanut selviä tuloksia korkeusvaihtelun vaikutuksesta sammakkoeläinten kokoon, viitteitä oli kuitenkin havaittavissa *Ptyhcadena*-suvun lajien osalta. Lajien suurempi koko korkeammilla alueilla näyttäisi noudattavan Bergmannin sääntöä. Tämä tulos on kiinnostava, sillä voi vain arvailla, miten ilmaston lämpeneminen tulee osaltaan vaikuttamaan tämän säännön ilmentymiseen.”

Taitavuorten sammakkoeläinlajisto ja lajien ominaisuudet tunnetaan vielä jokseenkin puutteellisesti, joten työtä alueen sammakkolajiston kartoittamiseksi ja tutkimiseksi tulee jatkaa.

## 6. Kiitokset

Ensimmäisenä haluan kiittää Helsingin yliopiston alumni ry:n Taitan tutkimusaseman rahastoa tutkielmani rahoittamisesta.

Kiitos ohjaajalleni Jouko Rikkiselle, joka mahdollisti unelmieni gradun Kenian Taitavuorilla.

Kiitän Taitan tutkimusaseman henkilökuntaa, joka mahdollisti tutkielmani kenttäosuuden. Kiitos mahtavasta ruoasta ja ikimuistoisesta ajastani Afrikassa. Kiitos etenkin Mwadime Mjomba, joka ammattitaidollaan ja paikallistuntemuksellaan osasi auttaa sekä tutkimuspisteiden valinnassa, että sammakoiden pyydystämisessä.

Kiitos Hannu Pietiäinen mahtavasta kirjoittamisen ohjeistuksesta, neuvoista ja avusta tilastoanalyysien kanssa.

Kiitos perheelleni ja ystävilleni, jotka jaksoivat kannustaa minua eteenpäin gradun teossa näiden vuosien aikana. Kiitos Jani Järvi niistä lukuisista vinkeistä ja läpilukukerroista. Kiitokset Liisi Matilaiselle viime hetken gradukannustuksesta ja graduavusta. Kiitos Miia Muikku kirjoittamisen loppuun saattamiseen kannustamisesta. Kiitos Joni Uusitalolle tilastoanalyysissä auttamisessa.

## 7. Lähteet

Adams, D. C. & Church, J. O. 2007: Amphibians do not follow Bergmann's rule — *Evolution*. 62(2): 413-420

Ashton, K. G. 2002: Do amphibians follow Bergmann's rule? — *Canadian Journal of Zoology*; Ottawa. 80(4): 708-716

Ashton, K. G. & Feldman, C. R. 2007: Bergmann's rule in nonavian reptiles: turtles follow it, lizards and snakes reverse it — *Evolution*. 57(5): 1151-1163

Ashwini, K. M. & Sridhar, K. R. 2005: Leaf litter preference and conversion by a saprophagous tropical pill millipede, *Arthrosphaera magna* Attems — *Pedobiologia*. 49(4): 307-316

Beebee, T. J. C. & Griffiths, R. A. 2005: The amphibian decline crisis: a watershed for conservation biology — *Biological Conservation*. 125: 271-285

Berger, L., Speare, R., Daszak, P., Green, E. D., Cunningham, A. A., Goggin, L. C., Slocombe, R., Ragan, M. A., Hyatt, A. D., McDonald, K. R., Hines, H. B., Lips, K. R., Marantelli, G. & Parkes, H. 1998: Chytridiomycosis causes amphibian mortality associated with population declines in the rain forests of Australia and Central America — *PNAS*. 95(15): 9031-9036

Bergmann, C. 1847: Ueber die verhältnisse der wärmeökonomie der thiere zu ihrer grösse — *Göttinger studien*. 3: 595–708

Bosch, J., Martinez-Solano, I. & Garcia-Paris, M. 2001: Evidence of a chytrid fungus infection involved in the decline of the common midwife toad (*Alytes obstetricans*) in protected areas of central Spain — *Biological Conservation*. 97(3): 331–337

Brekke, D. R., Hillyard, S. D & Winokur, R. M. 1991: Behavior associated with the water absorption response by the toad, *Bufo punctatus* — *Copeia*. 1991(2): 393-401

Brooks, T. M., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A. B., Rylands, A. B., Konstant, W. R., Flick, P., Pilgrim, J., Oldfield, S., Magin, G. & Hilton-Taylor, C. 2002: Habitat loss and extinction in the hotspots of biodiversity — *Conservation biology*. 16(4): 909-923

Burgess, N. D., Butynski T. M., Cordeiro, N. J., DOggart, N. H., Fjeldså, J., Howell, K. M., Kilahama, F. B., Loader, S. P., Lovett, J. C., Mbilinyi, B., Menegon, M., Moyer D. C., Nashanda, E., Perkin, A., Rovero, F., Stanley, W. T. & Stuart S. N. 2007: The biological importance of the Eastern Arc Mountains of Tanzania and Kenya — *Biological Conservation*. 134(2): 209-231

Bwong, B. A. & Measey, G. J. 2010: Diet composition of *Xenopus borealis* in Taita Hills: effects of habitat and predator size — *African journal of ecology*. 48: 299-303

Carey, C., Cohen, N. & Rollins-Smith L. 1999: Amphibian declines: an immunological perspective — *Developmental and Comparative Immunology*. 23: 459-472

Carpenter, A. I., Andreone, F., Moore, R. D. & Griffiths, R. A. 2014: A review of the international trade in amphibians: the types, levels and dynamics of trade in CITES-listed species — *Oryx*. 48(4): 565-574

Chen, W. P., Chen, S. S., Lin, C. C., Chen, Y. Z. & Lin, W. C. 2012: Automatic recognition of frog calls using a multistage average spectrum — *Computers & Mathematics with applications*. 64(5): 1270-1281

Climate-data.org (Climate-data.org Tsavo climate) a. Saatavilla: <https://en.climate-data.org/afrika/kenya/makueni/tsavo-103115/?amp=true> [Viittauspäivä: 24.02.2020]

Climate-data.org (Climate-data.org Voi climate) b. Saatavilla: <https://en.climate-data.org/africa/kenya/taita-taveta/voi-11120/> [Viittauspäivä: 24.02.2020]

Climate-data.org (Climate-data.org Wundanyi climate) c. Saatavilla: <https://en.climate-data.org/africa/kenya/taita-taveta/wundanyi-103016/> [Viittauspäivä: 24.02.2020]

Cushman, S. A. 2006: Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: a review and prospectus — *Biological conservation*. 128(2): 231-240

DeGarady, C. J. & Halbrook, R. S. 2006: Using Anurans as bioindicators of PCB contaminated streams — *Journal of Herpetology*. 40(1): 127-130

Duarte, H., Tejedo, M., Katzenberger, M., Marangoni, F., Baldo, D., Beltrán, J. F., Martí, D. A., Richter-Boix, A. & Gonzalez-Voyer A. 2011: Can amphibians take the heat? Vulnerability to climate warming in subtropical and temperate larval amphibian communities — *Global Change Biology*. 18(2):412-421

Enge, K. M. 2001: The Pitfalls of Pitfall Traps — *Journal of Herpetology*. 35(3): 467-478

Ernst, R., Linsenmair, E. K. & Rödel, M. O. 2006: Diversity erosion beyond the species level: Dramatic loss of functional diversity after selective logging in two tropical amphibian communities — *Biological conservation*. 133: 143-155

Fauth, J. E., Crother, B. I. & Slowinski, J. B. 1989: Elevational patterns of species richness, evenness, and abundance of the Costa Rican leaf-litter herpetofauna — *Biotropica*. 21(2): 178-185

Garner, T. W. J., Nishimura, D., Antwi, J. & Nyakunga, O. 2008: Human disturbance influences behavior and local density of juvenile frogs — *Ethology*. 114(10): 1006-1013

Gibbs, J. P. 1998: Amphibian movements in response to forest edges, roads, and streambeds in Southern New England — *Journal of wildlife management* 62(2): 584-589

Gray, M. J., Miller, D. L. & Hoverman, J. T. 2009: Ecology and pathology of amphibian ranaviruses — *Disease of Aquatic Organisms*. 87: 243-266

GSOD (Global surface summary of the day). Saatavissa:

<https://catalog.data.gov/dataset/global-surface-summary-of-the-day-gsod> [Viittauspäivä: 11.02.2020]



Haapanen, A. 1982: Breeding of the common frog (*Rana temporaria* L.) — *Annales Zoologici Fennici*. 19(2): 75-79

Hardy, L. M. & Crnkovic, A. C. 2006: Diet of amphibians and reptiles from the Engare Ondare river region of Central Kenya, during the dry season — *African journal of Herpetology*. 55(2): 143-159

Harper, E. B., Measey, G. J., Patrick, D. A., Menegon, M., Vonesh, J. R. & Swilla, I. 2010 Field guide to the amphibians of the Eastern Arc Mountains and coastal forests of Tanzania and Kenya — *Camerapix*. 320 s.

Heinermann, J., Rodríguez, A., Segev, O., Edmonds, D., Dolch, R. & Vences, M. 2014: Year-round activity patterns in a hyperdiverse community of rainforest amphibians in Madagascar — *Journal of Natural History*. 49(35-36): 2213-2231

Heyer, R. W. 1973: Ecological interactions of frog larvae at a seasonal tropical location in Thailand — *Journal of Herpetology*. 7(4): 337-361

Hoffmann, M., Hilton-Taylor, C., Angulo, A., Böhm, M., Brooks, T., Butchart, S., Carpenter, K., Chanson, J., Collen, B., Cox, N., Darwall, W., Dulvy, N., Harrison, L., Katariya, V., Pollock, C., Quader, S., Richman, N., Rodrigues, A., Tognelli, M., Vié, J. C., Aguiar, J., Allen, D., Allen, G., Amori, G., Ananjeva, N., Andreone, F., Andrew, P., Luz, A., Ortiz, A., Baillie, J., Baldi, R., Bell, B., Biju, D., Bird, J., Black-Decima, P., Blanc, J., Bolaños, F., Bolivar, W. G., Burfield, I. J., Burton, J. A., Capper, D. R., Castro, F., Catullo, G., Cavanagh, R. D., Channing, A. Chao, N. L., Chenery, A. M., Chiozza, F., Clausnitzer, V., Collar, N. J., Collett, L. C., Collette, B. B., Cortez Fernandez, C. F., Craig, M. T., Crosby, M. J., Cumberlidge, N., Cuttelod, A., Derocher, A. E., Diesmos, A. C., Donaldson, J. S., Duckworth, J. W., Dutson, G., Dutta, S. K., Emslie, R. H., Farjon, A., Fowler, S., Freyhof, J., Garshelis, D. L., Gerlach, J., Gower, D. J., Grant, T. D., Hammerson, G. A., Harris, R. B., Heaney, L. R., Hedges, S. B., Hero, J. M., Hughes, B., Hussain, S. A., Icochea J. M., Inger, R. F., Ishii, N., Iskandar, D. T., Jenkins, R. K. B., Kaneko, Y., Kottelat, M., Kovacs, K. M., Kuzmin, S. L., La Marca, E., Lamoreux, J. F., Lau, M. W. N., Lavilla, E. O., Leus, K., Lewison, R. L., Lichtenstein, G., Livingstone, S. R., Lukoschek, V., Mallon, D. P., McGowan, P. J. K., McIvor, A., Moehlman, P. D., Molur, S., Muñoz, A., Musick, J. A.,

Nowell, K., Nussbaum, R. A., Olech, W., Orlov, N. L., Papenfuss, T. J., Parra-Olea, G., Perrin, W. F., Polidoro, B. A., Pourkazemi, M., Racey, P. A., Ragle, J. S., Ram, M., Rathbun, G., Reynolds, R. P., Rhodin, A. G. J., Richards, S. J., Rodríguez, L. O., Ron, S. R., Rondinini, C., Rylands, A. B., de Mitcheson, Y. S., Sanciangco, J. C., Sanders, K. L., Santos-Barrera, G., Schipper, J., Self-Sullivan, C., Shi, Y., Shoemaker, A., Short, F. T., Sillero-Zubiri, C., Silvano, D. L., Smith, K. G., Smith, A. T., Snoeks, J., Stattersfield, A. J., Symes, A. J., Taber, A. B., Talukdar, B. K., Temple, H. J., Timmins, R., Tobias, J. A., Tsytsulina, K., Tweddle, D., Ubeda, C., Valenti, S. V., van Dijk, P. P., Veiga, L. M., Veloso, A., Wege, D. C., Wilkinson, M., Williamson, E. A., Xie, F., Young, B. E., Akçakaya, H. R., Bennun, L., Blackburn, T. M., Boitani, L., Dublin, H. T., da Fonseca, G. A. B., Gascon, C., Lacher Jr., T. E., Mace, G. M., Mainka, S. A., McNeely, J. A., Mittermeier, R. A., Reid, G. M., Rodriguez, J. P., Rosenberg, A. A., Samways, M. J., Smart, J., Stein, B. A. & Stuart, S. N. 2010: The Impact of Conservation on the Status of the World's Vertebrates — Science. 330: 1503-1509

IUCN (IUCN SSC Amphibian Specialist Group 2013. *Boulengerula niedeni*. The IUCN Red List of Threatened Species) 2013 a: e.T61920A13322136. Saatavissa: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-2.RLTS.T61920A13322136.en>. [Viittauspäivä: 24.02.2020]

IUCN (IUCN SSC Amphibian Specialist Group 2013. *Boulengerula taitana*. The IUCN Red List of Threatened Species) 2013 b: e.T59498A16944134. Saatavissa: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-2.RLTS.T59498A16944134.en>. [Viittauspäivä: 24.02.2020]

IUCN (IUCN SSC Amphibian Specialist Group 2014. *Callulina dawida*. The IUCN Red List of Threatened Species) 2014 a: e.T175363A1422889. Saatavissa: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-3.RLTS.T175363A1422889.en>. [Viittauspäivä: 24.02.2020]

IUCN (IUCN SSC East African Plants Red List Authority 2014. *Saintpaulia teitensis*. The IUCN Red List of Threatened Species) 2014 b: e.T158004A756531. Saatavissa: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T158004A756531.en>. [Viittauspäivä: 24.02.2020]

- Kaminsky, S. K., Grafe, T. U., Spieler, M. & Linsenmair, K. E. 2004: A New method for immobilizing fossorial frogs after radiotracer implantation and notes on movement patterns of the pig-nosed frog, *Hemissus marmoratus* — *Herpetological Review*. 35(2): 146-148
- Kielgast, J., Rödder, D., Veith, M. & Lötters, S. 2010: Widespread occurrence of the amphibian chytrid fungus in Kenya — *Animal conservation*. 13(1): 36-43
- Krishnamurthy, S. V. 2003: Amphibian assemblages in undisturbed and disturbed areas of Kudremukh National Park, central Western Ghats, India — *Environmental Conservation*. 30(2): 274-282
- Lambert, M. R. K. 1997: Environmental effects of heavy spillage from a destroyed pesticide store near Hargeisa (Somaliland) assessed during the dry season, using reptiles and amphibians as bioindicators — *Archives of environmental contamination and toxicology*. 32: 80-93
- Laugen, A. T., Laurila, A., Jönsson, K. I., Söderman, F. & Merilä, J. 2005: Do common frogs (*Rana temporaria*) follow Bergmann's rule? — *Evolutionary ecology research*. 7: 717-731
- Lawler J. J., Shafer S. L., Bancroft B. A., Blaustein & A. R. 2010: Projected Climate Impacts for the Amphibians of the Western Hemisphere — *Conservation Biology*. 24(1): 38-50
- Loader, S. P., Measey, G. J., De Sá, R. O. & Malonza, P. K. 2009: A new brevicipitid species (Brevicipitidae: Callulina) from the fragmented forests of the Taita Hills, Kenya — *Zootaxa*. 2123: 55-68
- Ma, X., Lu, X. & Merilä, J. 2009: Altitudinal decline of body size in a Tibetan frog — *Journal of Zoology*. 279: 364-371

- Malonza, P. K. 2008: Amphibian biodiversity in Taita Hills, Kenya — Vaitöskirja. Johannes Gutenberg-Universität Mainz. Biologian laitos. 166 s.
- Malonza, P. K., Lötters, S. & Measey, G. J. 2010: The montane forest associated amphibian species of the Taita Hills, Kenya — Journal of East African Natural History. 99(1): 47-63
- Malonza, P. K. & Veith, M. 2012: Amphibian community along elevational and habitat disturbance gradients in the Taita Hills, Kenya — Herpetotropicos. 7(1-2): 07-16
- Mengistu, M. G., Everson, C. S. & Clulow, A. D. 2012: The impact of taro (*Colocasia esculenta*) cultivation on the total evaporation of a *Cyperus latifolius* marsh — Hydrological Processes. 28(3): 620-627
- Mohamed, A. & Chege, J. 2019: Taita Taveta county 2019 Long rains food and nutrition security assessment report — Kenya food security steering group ja taita Taveta county steering group
- Mayr, E. 1956: Geographical character gradients and climatic adaptation — Evolution. 10:105–108
- McCauley, S. J., Bouchard, S. S., Farina, B. J., Isvaran, K., Quader, S., Wood, D. W. & St. Mary, C. M. 2000: Energetic dynamics and anuran breeding phenology: insights from a dynamic game — Behavioral ecology. 11(4): 429-436
- Measey, G. J., Galbusera, P., Breyne, P. & Matthysen, E. 2007: Gene flow in a direct-developing, leaf litter frog between isolated mountains in the Taita Hills, Kenya — Conservation Genetics. 8(5): 1177-1188
- Müller, H., Measey, G. J., Loader, S. P. & Malonza P. K. 2005: A new species of *Boulengerula* Tornier (Amphibia: Gymnophiona: Caeciliidae) from an isolated mountain block of the Taita Hills, Kenya — Zootaxa. 1004: 37-50

- Müller, H., Measey, G. J. & Malonza, P. K. 2005: Tadpole of *Bufo taitanus* (Anura: Bufonidae) with Notes on Its Systematic Significance and Life History — *Journal of Herpetology*. 39(1):138-141
- Ngwava, J. M., Malonza, P. K. & Measey, J. G. 2009: Observations on the breeding behaviour of the Taita dwarf toad *Mertensophryne taitana* on Mt. Mbololo, Taita Hills, Kenya — *African journal of herpetology*. 58: 44-49
- Niemelä, T. 2011: *Vihreä Afrikka: kasveja ja kasvillisuutta* — Luonnontieteellinen keskusmuseon kasvimuseo, Helsinki. 320 s.
- Olalla-Tárraga, M. A., Rodríguez M. A. & Hawkins, B. A. 2006: Broad-scale patterns of body size in squamate reptiles of Europe and North America — *Journal of Biogeography*. 33: 781-793
- Parris, K. M., Norton, T. W. & Cunningham, R. B. 1999: A comparison of techniques for sampling amphibians in the forests of South-East Queensland, Australia — *Herpetologica*. 55(2): 271-283
- Pellikka, P. K. E., Clark, B. J. F., Gosa, A. G., Himberg, N., Hurskainen, P., Maeda, E., Mwang'ombe, J., Omoro, L. M. A. & Siljander, M. 2013: Chapter 13 - Agricultural Expansion and Its Consequences in the Taita Hills, Kenya — *Developments in Earth Surface Processes*. 16: 165-179
- Pierce, B. A. & Gutzwiller, K. J. 2004: Auditory sampling of frogs: Detection efficiency in relation to survey duration — *Journal of Herpetology*. 38(4): 495-500
- Pigot, A. L. & Tobias, J. A. 2015: Dispersal and the transition to sympatry in vertebrates — *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 282(1799): 20141929
- Poynton, J. C. 1970: Guide to the *Ptychadena* (Amphibia: Ranidae) of the southern third of Africa — *Annals of the Natal Museum*. 20(2): 365-375

- Price, S. J., Garner, T. W. J., Nichols, R. A., Balloux, F., Ayres, C., de Alba, A. M. C. & Bosch, J. 2014: Collapse of amphibian communities due to an introduced Ranavirus — *Current biology*. 24(21): 2586-2591
- Regosin, J. V., Windmiller, B. S. & Reed, J. M. 2003: Terrestrial Habitat Use and Winter Densities of the Wood Frog (*Rana sylvatica*) — *Journal of Herpetology*. 37(2): 390-394
- Rikkinen, J. 2015: Taitan vuoristometsien siemenkasveja — *Luonnon Tutkija*. 119(2): 48-60
- Rodríguez-Prieto, I., Fernández-Juricic, E. 2005: Effects of direct human disturbance on the endemic Iberian frog *Rana iberica* at individual and population levels — *Biological conservation*. 123(1): 1-9
- Rollins-Smith, L. A. 2017: Amphibian immunity – stress, disease, and climate change — *Developmental and Comparative Immunology*. 66: 111-119
- Rosen, G. E. & Smith, K. E. 2010: Summarizing the Evidence on the International Trade in Illegal Wildlife — *EcoHealth*. 7: 24-32
- Rödel, M. O., Range, F. Seppänen, J. T. & Noe, R. 2002: Caviar in the rain forest: monkeys as frog-spawn predators in Taï National Park, Ivory Coast — *Journal of tropical ecology*. 18(2): 289-294
- Saito, S., Saito, C. T., Nozawa, M. & Tominaga, M. 2019: Elucidating the functional evolution of heat sensors among *Xenopus* species adapted to different thermal niches by ancestral sequence reconstruction — *Molecular ecology*. 28(15): 3561-3571
- Savage, R. M. 1935: The Influence of External Factors on the Spawning Date and Migration of the Common Frog, *Rana temporaria temporaria* Linn. — *Proceedings of the Zoological Society of London*. 105(1): 49-98
- Siqueira, C. C., Vrcibradic, D., Almeida-Gomes, M., Borges-Junior, V. N. T., Almeida-Santos, P., Almeida-Santos, M., Ariani, C. V., Guedes, D. M., Goyannes-Araújo, P.,

Dorigo, T. A., Van Sluys, M. & Rocha, C. F. D. 2009: Density and richness of leaf litter frogs (Amphibia: Anura) of an Atlantic Rainforest area in the Serra dos Órgãos, Rio de Janeiro State, Brazil — *Zoologia (Curitiba)*. 26(1): 97-102

Taylor, A., Watson, G., Grigg, G. & McCallum, H. Monitoring frog communities: an application of machine learning — *AAAI/IAAI*. 2: 1564-1569

Vallan D. 2002: Effects of anthropogenic environmental changes on amphibian diversity in the rain forests of eastern Madagascar — *Journal of Tropical Ecology*. 18: 725-742

Vallan, D., Andreone, F., Raherisoa, V. H. & Dolch, R. 2004: Does selective wood exploitation affect amphibian diversity? The case of An'Ala, a tropical rainforest in eastern Madagascar — *Oryx*. 38(4): 410-417

Vences, M., Kosuch, J., Rödel, M. O., Lötters, S., Channing, A., Glaw, F. & Böhme, W. 2004: Phylogeography of *Ptychadena mascareniensis* suggests transoceanic dispersal in a widespread African-Malagasy frog lineage — *Journal of Biogeography*. 31(4): 593-601

Wake, D. B. & Vredenburg, V. T. 2008: Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians — *PNAS*. 105(1): 11466-11473

Wanger, T. C., Iskandar, D. T., Motzke, I., Brook, B. W., Sodhi, N. S., Clough, Y. & Tscharntke, T. 2010: Effects of Land-Use Change on Community Composition of Tropical Amphibians and Reptiles in Sulawesi, Indonesia — *Conservation biology*. 24(3): 795-802

Watters, J. L., Cummings, S. T., Flanagan, R. L. & Siler, C. D. 2016: Review of morphometric measurements used in anuran species descriptions and recommendations for a standardized approach — *Zootaxa*. 4072 (4): 477-495

Webb, G. A. 1999: Effectiveness of pitfall/drift-fence systems for sampling small ground-dwelling lizards and frogs in southeastern Australian forests — *Australian zoologist*. 31(1): 118-126

- Wekesa, C., Leley, N., Maranga, E., Kirui, B., Muturi, M., Mbuvi, M. & Chikamai, B. 2016: Effects of forest disturbance on vegetation structure and above-ground carbon in three isolated forest patches of Taita Hills — *Open journal of forestry*. 6: 142-161
- Weldon, C., du Preez, L. H., Hyatt, A. D., Muller, R. & Speare, R. 2004: Origin of the amphibian chytrid fungus — *Emerging infectious diseases*. 10(12): 2100-2105
- Wells, K. D. 1977: The social behaviour of anuran amphibians — *Animal behavior*. 25(3): 666-693
- Wells, K. D. 2007: The ecology and behavior of amphibians — University of Chicago Press. 1400 s.
- Willumsen, N. J., Viborg, A. L. & Hillyard, S. D. 2007: Vascular aspects of water uptake mechanisms in the toad skin: Perfusion, diffusion, confusion — *Comparative biochemistry and physiology*, Osa A 148 (2007): 55-63
- Yuan, C. L. T. & Ramli, D. A. 2012: Frog sound identification system for frog species recognition — *International conference on context-aware systems and applications*: 41-50.